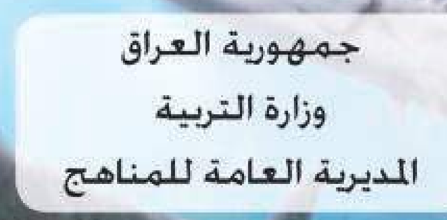


علم الاحياء

للصف السادس العلمي

تأليف

أ . د . حسين عبد المنعم داود

أ . د . نصر فرحان عبد الله

أ . د . نهلة عبد الرضا صالح

أ . م . د . مهدي حطاب صخي

أ . م . د . مازن نواف عبود

علي حسين حمادي

حنين أكرم حبيب

الطبعة العاشرة

١٤٤٥هـ / ٢٠٢٣م

المشرف العلمي على الطبع

د. حنين اكرم حبيب

الموقع والصفحة الرسمية للمديرية العامة للمناهج



المشرف الفني على الطبع

صفاء سامي عبد



المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على رسولنا محمد (صلى الله عليه وآله وصحبه) .

لقد اصبح من المسلم به ان التعليم يمثل عاملاً مهما من عوامل التطور والتقدم الاقتصادي والاجتماعي والثقافي ... . ولقد كان لحركة التطور العلمي والاقتصادي في العالم ، وتعدد مطالب الحياة المعاصرة دوراً فاعلا في تغيير نظم التعليم في مختلف بلدان العالم وبالتالي تولدت الحاجة الملحة لاستمرارية اعادة النظر في المناهج الدراسية وتحديث مفرداتها ومضامينها وبما يتناسب والخصوصية السياسية او الاجتماعية او الادارية وربما الجغرافية لكل دولة ، ولقد حرصت المديرية العامة للمناهج في وزارة التربية العراقية على اعداد كتب مدرسية بمضامين منهجية موازية لتلك التي في البلدان المتقدمة . والكتاب الذي بين ايديكم والمعد لطلبة الصف السادس العلمي ياتي منسجماً مع الاهداف والمفردات التي قدمتها وزارة التربية لاعادة بناء وتطوير المناهج لموضوعات علوم الحياة .

يتناول الكتاب الذي بين ايديكم بعض **المفاهيم** الحياتية الحديثة في مجالات علم الخلية والانسجة والتكاثر والتكوين الجنيني والوراثة . ولقد روعي في اعداده ان يتضمن تحديثاً للمعلومة ومواكبه للتطور العلمي وتم رفده بموضوعات تتناسب مع الفئة العمرية للطلبة وبالشكل الذي يعمق ويرسخ المفاهيم التي حصل عليها الطالب في المراحل الدراسية السابقة ، ولقد حرصنا على التفاعل مع المادة العلمية مستندين في ذلك الى الاشكال التوضيحية والرسوم والصور الملونة والمعبرة متوخين في ذلك اثراء فصول الكتاب وتقريب المفاهيم .

واخيراً نامل ان تكون موضوعات الكتاب منسجمة مع الاهداف والمفردات التي قدمتها وزارة التربية لاعادة بناء وتطوير المناهج في مواضيع علوم الحياة ، كما نامل ان نكون قد وفقنا في تقديم صورة اكثر حداثة لمفردات علم الاحياء ضمن الحقول التي تضمنها الكتاب ونهيب بزملائنا المدرسين قراءة فصول الكتاب بدقة وابداء ملاحظاتهم الصائبة بغية ترصين الكتب المنهجية ومواكبتها للتطور العلمي والتكنولوجي في العالم الجديد .

والله ولي التوفيق

المؤلفون

نيسان / 2012



محتويات الكتاب



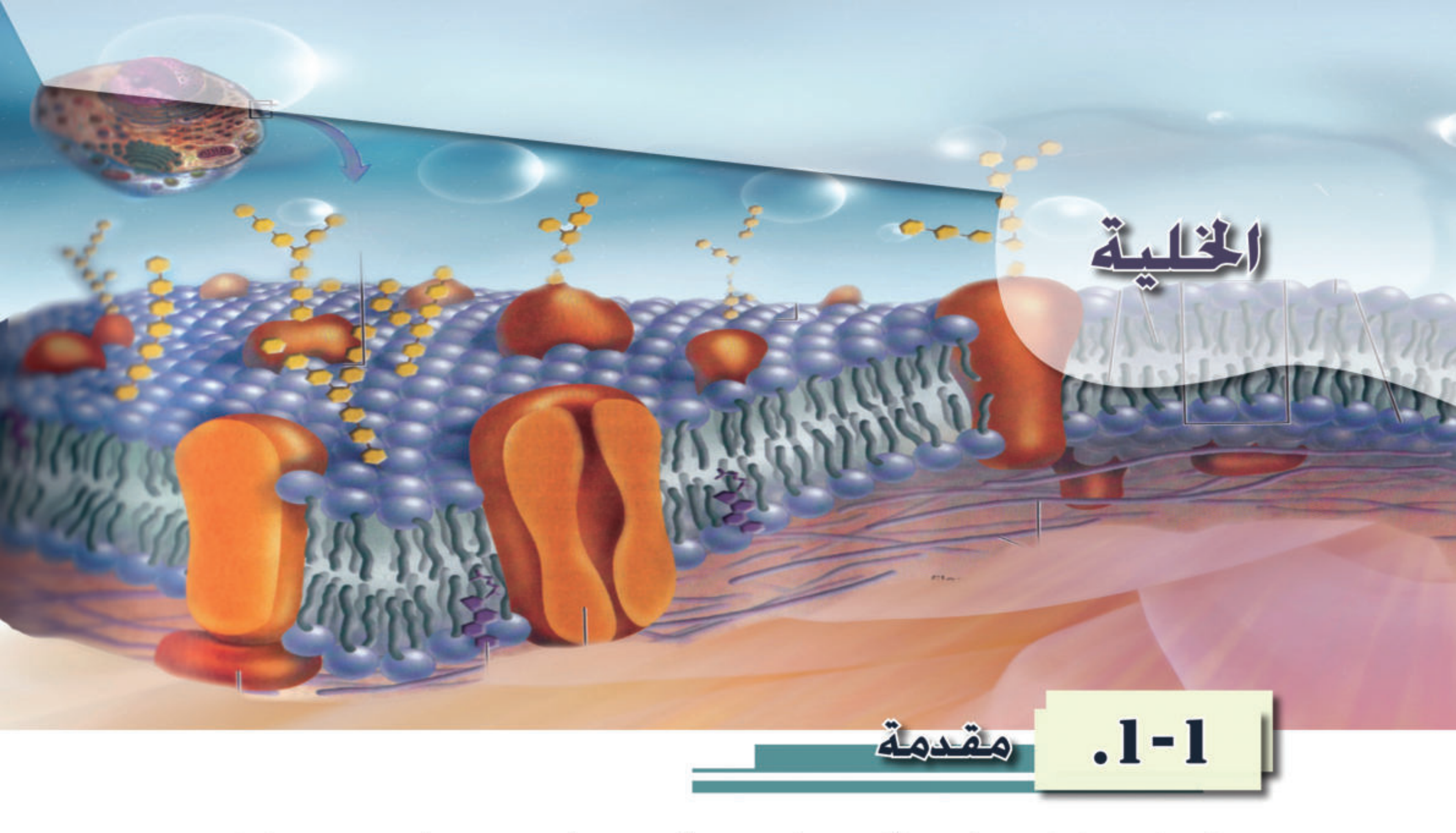
الفصل الأول
الخلية

محتويات الفصل

النواتج التعليمية :

بعد الانتهاء من دراسة الفصل الاول نأمل من الطالب ان يكون قادراً على ان :

1. يعرف الخلية ويقارن بين الخلية بدائية النواة وحقيقية النواة .
2. يبين الاسس التي استندت اليها نظرية الخلية .
3. يسمي العالمين اللذين استندت النظرية الخلوية الى عملهما .
4. يعدد ميزات الخلية بدائية النواة .
5. يعدد عضيات الخلية ويعرف كل منها .
6. يبين التركيب الكيميائي للغشاء البلازمي .
7. يقارن بين جدار الخلية والغشاء البلازمي .
8. يقارن بين وظائف جهاز كولجي في الخلية النباتية والخلية الحيوانية .
9. يعدد انواع البلاستيدات .
10. يوضح وظائف الجسيمات الحالة .
11. يحدد مكونات هيكل الخلية .
12. يقارن بين الخيوط الدقيقة والنبيبات الدقيقة في الخلية .
13. يعرف الجسيمات المركزية .
14. يعرف الجسيم الحركي ويبين دوره في الانشطة الخلوية .
15. يصف المحتويات غير الحية في الخلية .
16. يعدد اجزاء النواة ويعرف كل منها .
17. يعدد انواع المحاليل تبعاً لتركيزها التناضحي .
18. يوضح مفهوم عبور المواد عبر الاغشية الخلوية .
19. يقارن بين الادخال الخلوي والاخراج الخلوي .
20. يعرف التنفس الخلوي ويقارن بين نوعيه الهوائي واللاهوائي .
21. يعرف الاحماض النووية ويبين مكوناتها .
22. يعدد انواع الانقسامات في الخلية ويعرف كل منها .
23. يشرح مراحل الانقسام الخيطي .
24. يشرح مراحل الانقسام الاختزالي ويقارنه بالانقسام الخيطي .



1-1. مقدمة

تعد الخلية الوحدة التركيبية لجميع الكائنات الحية ، وبشكل عام هناك نوعين من الخلايا من حيث التركيب

النوع الاول : الخلية بدائية النواة (Prokaryotic Cell) كما هو الحال في الخلية البكتيرية التي تفتقد الغلاف او الغشاء النووي والعضيات الغشائية (Membranous Organelles) .

النوع الثاني: الخلية حقيقية النواة (Eukaryotic Cell) التي لها نواة واضحة محاطة بغلاف نووي وعضيات الخلية .

لقد كانت الخلية ومنذ امدٍ ليس بالقريب محور اهتمام كبير من قبل العديد من العلماء ، وكان لاكتشافاتهم دور كبير في نشوء وتطور علم الخلية (Cytology) ونعني به دراسة الخلايا . ويمكن ايجاز مراحل تطور الاكتشافات في مجال الخلية كالاتي :

أ. لم تكن الخلية معروفة قبل قيام العالم انتوني فان ليفنهوك (Antonie Van Leeuwenhock 1632-1723) بصنع مجهره وهو ربما يعد اول شخص استطاع ان يرى الخلية .

ب. توصل العالم الانكليزي روبرت هوك (Robert Hooke 1635-1703) الى نفس ملاحظات ليفنهوك ، وهو اول شخص استخدم كلمة خلية (Cell) بعد ان قام بفحص تركيب قشرة شجر البلوط ، ووصف الوحدات الفلينية في نسيج الفلين (شكل 1-1) ، وعرف الخلية بانها ردهة هوائية تشبه تجويف خلية شمع العسل .

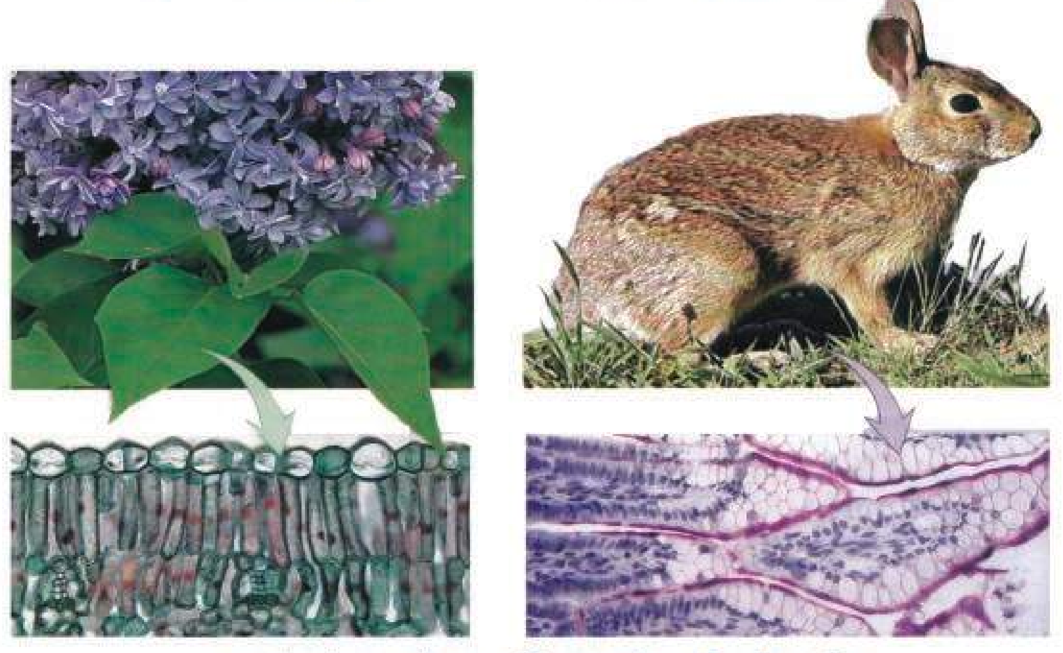
جـ. اكتشف العالم الاسكتلندي روبرت براون (Robert Brown) عام (1831) نواة الخلية وقدم وصفاً لها .

د. توصل العالم الالماني ماثياس شلايدن (Mathias Schleidin) في العام (1838) الى ان جميع النباتات تتكون من خلايا .

هـ . اعلن عالم الحيوان الالماني ثيودور شوان(Theodor Schwann) في العام (1839) ان جميع الحيوانات تتكون من خلايا ، (شكل 1 - 2) .



شكل (1-1) مجهر روبرت هوك والخلايا الفلينية التي درسها (للاطلاع) .



شكل (1 – 2). الخلايا والكائنات الحية (للاطلاع) .

لقد توسعت الدراسات والابحاث في مجال علم الخلية ، لاسيما بعد تطور المجهر الضوئي وظهور المجهر الالكتروني واصبحت دراستها فرعاً رئيساً من فروع علوم الحياة يعرف بعلم الخلية .

1-2. نظرية الخلية (Cell Theory)

تستند نظرية الخلية الى العمل الذي قدمه كل من ماثياس شلايدن (M.Schleidin) و ثيودور شوان (T.Schwann) ويمكن ايجاز اسسها بالآتي :

أ. جميع الكائنات الحية تتكون من خلايا .

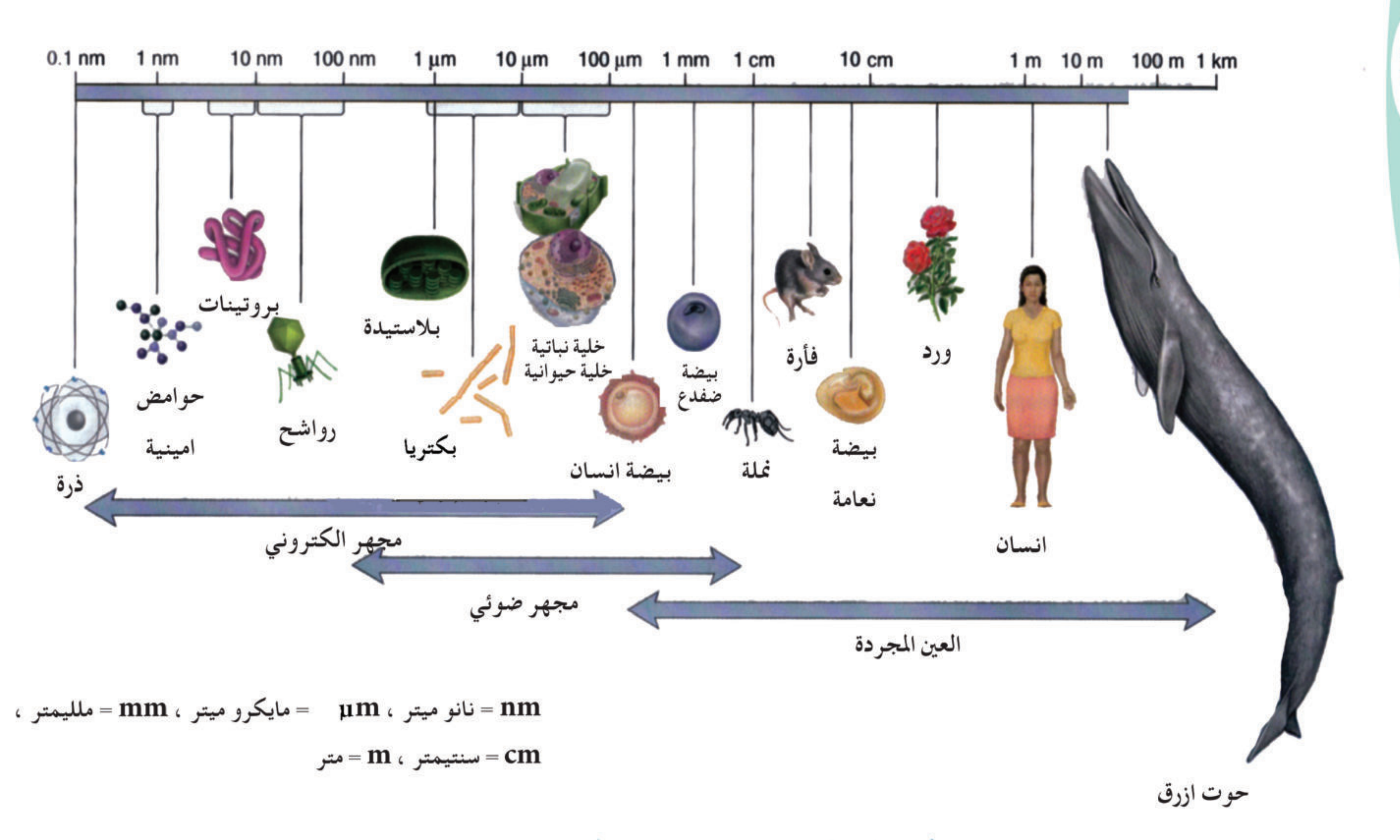
ب. الخلايا هي الوحدات الاساسية التركيبية والوظيفية للكائنات الحية .

جـ. الخلايا تنتج من خلايا اخرى من خلال انقسامها .

1-3. حجم الخلية (Cell Size)

تتباين الخلايا في الحجم ، وعلى سبيل المثال يصل قطر بيضة الضفدع الى (1 ملم) وهي من الكبر بحيث يمكن ان ترى بالعين المجردة ، ولكن معظم الخلايا تكون اصغر بكثير من (1 ملم) فبيضة الانسان على سبيل المثال لايتجاوز قطرها (100 مايكرومتر) وهناك من الخلايا مايكون اقل من ذلك (شكل 1 - 3) .

كما تملك الخلايا تخصصات معينة يراد منها زيادة الكفاءة في انجاز الوظائف المختلفة وسيرد ذلك في الفصل الخاص بالنمو في هذا الكتاب . نحتاج الى المجهر لنرى الخلايا والكائنات الحية المجهرية (الدقيقة) ، والخلايا يمكن ان ترى بالمجهر الضوئي ولكن تفاصيل مكوناتها وعلى سبيل المثال عضيات الخلية تحتاج الى استخدام المجهر الالكتروني لمشاهدتها وكذلك لمشاهدة الفيروسات (الرواشح) والجزيئات العضوية .



nm = نانو ميتر ، µm = مايكرو ميتر ، mm = ملليمتر ،
cm = سنتيمتر ، m = متر

شكل (1 - 3) حجوم الاشياء الحية ومكوناتها (للاطلاع) .

4-1. الخلية بدائية النواة (Prokaryotic Cell)

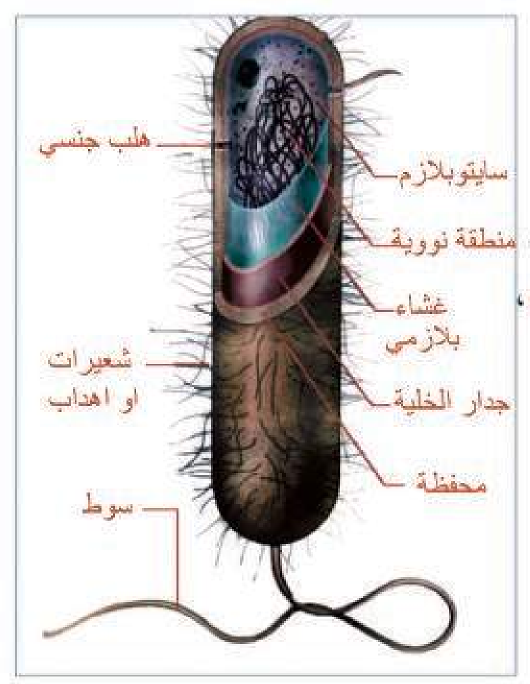
تعد الخلية بدائية النواة اقل الخلايا تطوراً ، كونها اكثرها بدائية من حيث الشكل والتركيب وتتميز بالآتي (شكل 1 - 4) :

أ . لهذه الخلية نواة بدون غشاء نووي وتدعى بمنطقة النواة أو المنطقة النووية (Nucleoid) .

ب . لايحوي سايتوبلازم الخلية بدائية النواة عضيات غشائية كاجسام كولجي (Golgi Bodies) والمايتوكوندريا (Mitochondria) ، الا انه يحوي رايبوسومات تظهر بهيئة حبيبات صغيرة كثيرة العدد تقوم ببناء البروتينات .

جـ . تتمثل الخلية بدائية النواة بالطحالب الخضر المزرقة (Blue Green Algae) والبكتيريا (Bacteria) والمايكوبلازما (Mycoplasma) وجميعها تتبع مملكة الاوليات (Monera) .

تمثل كل خلية بكتيرية كائناً بدائي النواة ، ويحيط بها جدار صلب مؤلف من مركبات كيميائية (البروتين والدهون وعديد السكريد) ، والى الداخل من هذا الجدار الصلب يوجد الغشاء البلازمي (Plasma Membrane) ، وهو غشاء نصف ناضح يحيط بالسايتوبلازم الذي يحوي المنطقة النووية (Nucleoid) ، حيث ينعدم الغلاف النووي والنوية على خلاف ماهو موجود في الخلايا حقيقية النواة ، كما يحوي السايتوبلازم على الرايبوسومات وقد تمتلك بعض انواع البكتيريا المتحركة اسواط (Flagella) (شكل 1 - 4) و (جدول 1-1) .



شكل (1 - 4) .

خلية بدائية النواة (البكتيريا) وتتضح فيها المنطقة النووية التي تعد موقع ال DNA

جدول (1-1) . المظاهر العامة للخلية البكتيرية

التركيب	المظهر العام
1 . غلاف الخلية .	- جدار الخلية - غشاء بلازمي
2 . السايتوبلازم .	- منطقة نووية . - رايبوسومات .
3 . اللواحق .	- الاسواط (Flagella) . - الاهداب (Fimbriae) . - اهلاب جنسية (Sex pili) .

1-5. الخلية حقيقية النواة (Eukaryotic Cell)

وهي الخلية التي تمتلك نواة حقيقية ، وتوجد في ممالك (عوالم) الطليعيات (Protesta) والفطريات (Fungi) والنباتات (Plantae) والحيوانات (Animalia) .

تختلف الخلايا حقيقية النوى من حيث الشكل فلبعضها اشكال ثابتة منها الكروية والهرمية والانبوبية والمكعبة والعمودية والبيضوية والمسطحة والنجمية والمغزلية ... الخ .

وللبعض الآخر شكل غير ثابت حيث يتغير من حين لآخر كالاميبا مثلاً ، ويمكن ان يعزى التغير في الشكل الى الوظيفة التي تقوم بها الخلايا فغالباً مايكون للخلايا شكل يلائم الوظيفة التي تؤديها واغلب الخلايا حقيقية النوى صغيرة ، وتحتاج الى استخدام مجهر لرؤيتها الا انها من دون شك اكبر حجماً من الخلايا بدائية النوى وعموماً تحتاج الخلية الى مساحة سطحية (الغشاء البلازمي) لتستطيع من خلالها القيام بعملية تبادل المواد مع محيطها بشكل ملائم .

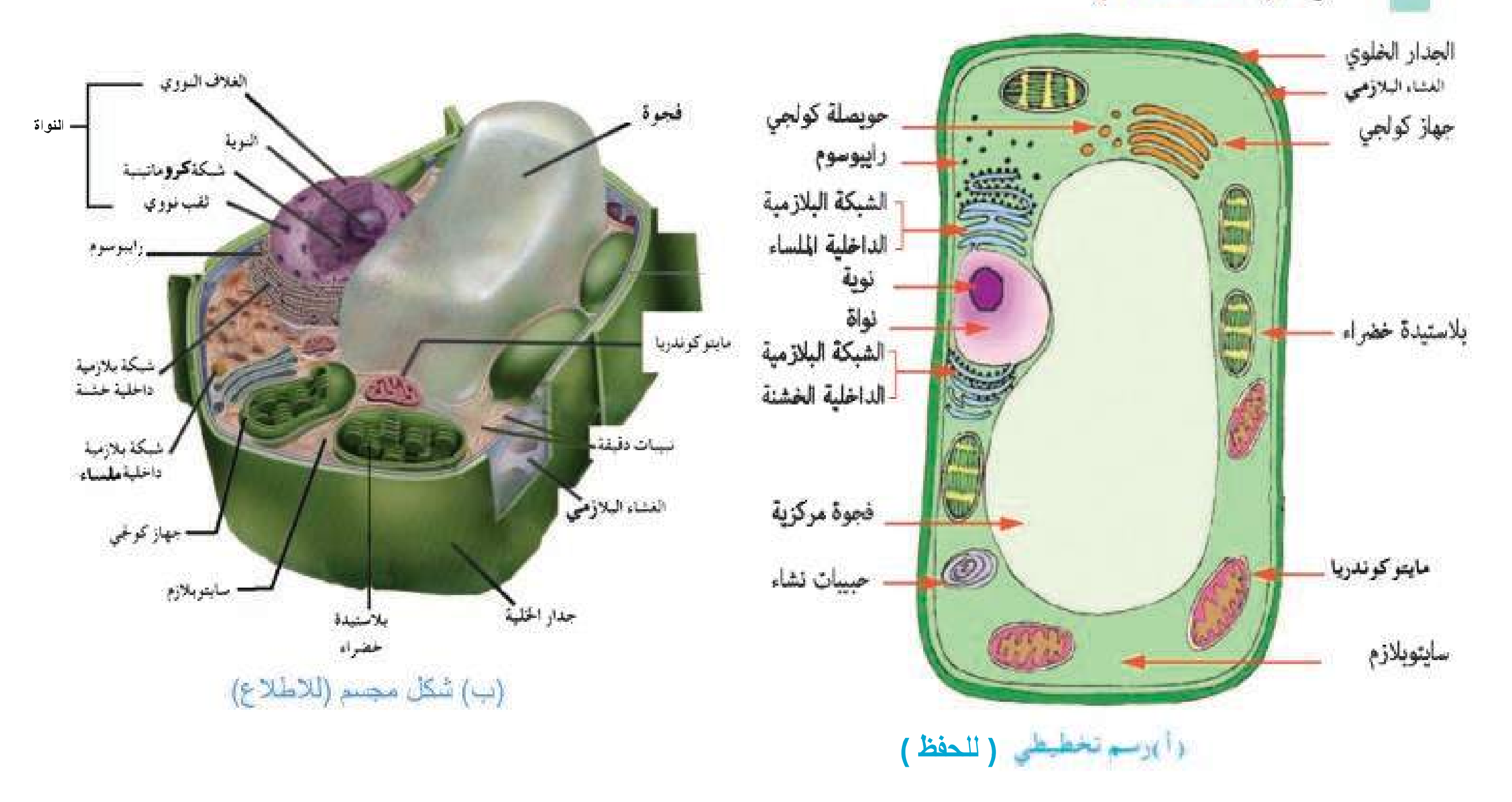
تتألف الخلايا حقيقية النوى (شكل 1 - 5 و 1 - 6) من ثلاث مكونات رئيسية هي :

أ جدار الخلية والغشاء البلازمي في الخلية النباتية(Cell Wall and Plasma Membrane)

والغشاء البلازمي فقط في الخلية الحيوانية حيث انها لا تحتوي على جدار خلوي .

ب السايتوبلازم (Cytoplasm) .

ج النواة (Nucleus) .



(ب) شكل مجسم (للاطلاع)

(أ) رسم تخطيطي (للحفظ)

شكل (1 - 5) .الخلية النباتية

1 - 5 - 1 . جدار الخلية والغشاء البلازمي

أ. جدار الخلية (Cell Wall)

يقتصر وجود جدار الخلية على الخلايا النباتية فقط وهو **يتمثل** بجدار خارجي سميك يحيط بمكونات الخلية ويغطي الغشاء البلازمي الذي يقع الى الداخل منه ، وجدار الخلية يحقق حماية واسناد للغشاء البلازمي والسايتوبلازم (شكل 1 - 5) .

يتركب جدار الخلية من ثلاث طبقات هي :

- الصفيحة الوسطى (Middle Lamella) .
- الجدار الابتدائي (Primary Wall) .
- الجدار الثانوي (Secondary Wall) .

(أ) شكل تخطيطي (للحفظ)

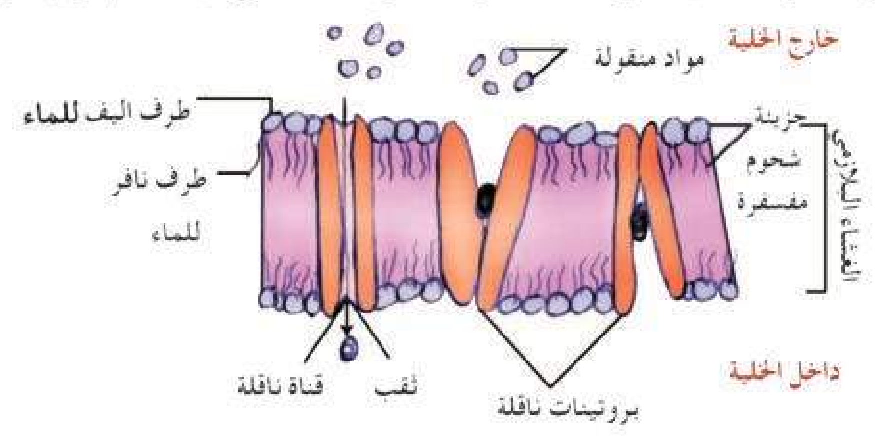
(ب) شكل مجسم (للاطلاع)

شكل (1 - 6) . الخلية الحيوانية .

وكيميائياً يتركب جدار الخلية من مادة السيليلوز (Cellulose) في الخلايا الفتية ويتثخن بأضافة الخشبين (اللكنين - lignin) في الخلايا المتقدمة في العمر .

ب - الغشاء البلازمي (plasma Membrane)

وهو غشاء خلوي يحيط بالسايتوبلازم في الخلايا بدائية النوى وحقيقية النوى **ويتمثل** بغشاء رقيق مرن ونصف ناضح وهو لايرى بالمجهر الضوئي الا انه يمكن رؤيته بالمجهر الالكتروني يتركب الغشاء البلازمي كيميائياً من طبقتين رقيقتين من جزيئات الدهون المفسفرة (Phospholipids) ذات طرف اليف (محب للماء وطرف نافر للماء وتتخلل الطبقتين جزيئات بروتينية تسمح او تتحكم بمرور المواد (شكل 1-7) .



(شكل 1-7) . تركيب الغشاء البلازمي في الخلية حقيقية النواة .

1 - 5 - 2 . السايتوبلازم (Cytoplasm)

يمثل السايتوبلازم جزء الخلية الذي يقع بين الغشاء البلازمي والنواة ،وهومادة معقدة يشكل الماء (80%) من مكوناته، والبروتينات (15%) وما تبقى (5%) يتمثل بالشحوم والسكريات واملاح متنوعة .

يحوي السايتوبلازم العديد من العضيات الخلوية التي تمثل التراكيب الحية في السايتوبلازم كما يحتوي على مكونات غير حية ممثلة بجسيمات تتكون نتيجة لنشاط عضيات الخلية .

اولاً :العضيات الحية :

(1) الشبكة البلازمية الداخلية (Endoplasmic Reticulum) .

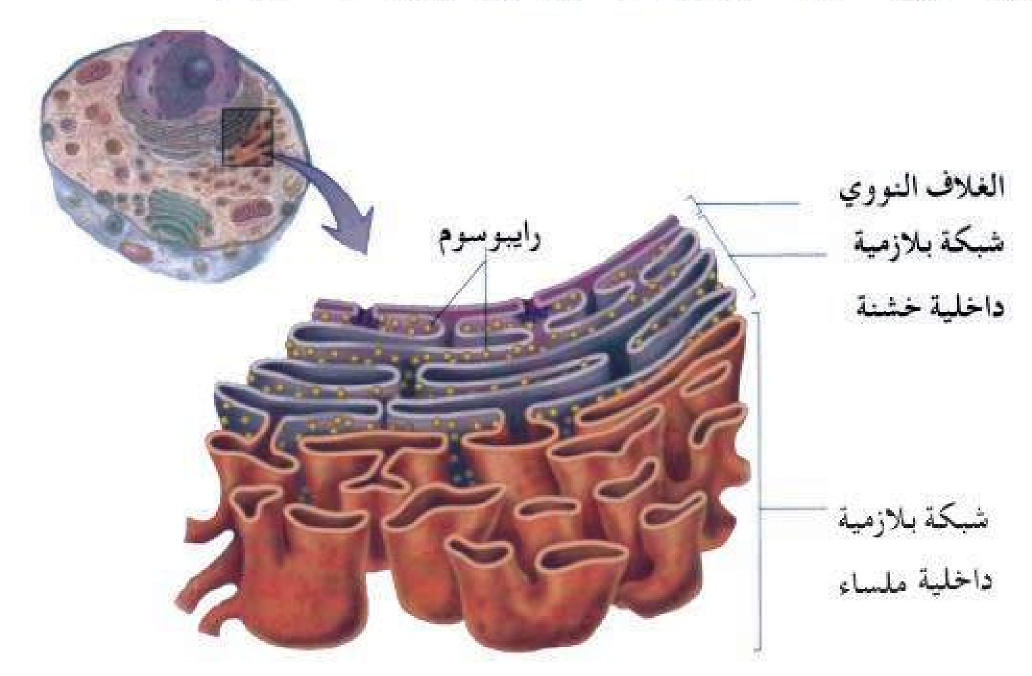
تتمثل الشبكة البلازمية بنظام شبكي مترابط من نبيبات وحويصلات ، ترتبط بالغشاء البلازمي في مناطق معينة ومع الغشاء النووي في مناطق اخرى (شكل 1-8). تمثل الشبكة البلازمية الداخلية موقعاً لصنع الدهون والكاربوهيدرات والبروتينات . وقد اكتسبت الشبكة البلازمية الداخلية اسمها نتيجة لتفرعاتها وتشابكاتها مع بعضها ، ويمكن تقسيم الشبكة البلازمية الداخلية الى نوعين هما :

أ الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة (Rough Endoplasmic Reticulum) .

يمتاز هذا النوع من الشبكة البلازمية الداخلية بوجود الرايبوسومات على سطوح نبيباتها مما يعطيها مظهراً خشناً او حبيبياً ، ولهذا النوع دور فعال في بناء البروتينات ، وهي تعمل على نقل المواد داخل الخلية ، وبشكل خاص الى اجسام كولجي ، كما تعمل كشبكة هيكلية للمادة البينية السايتوبلازمية .

ب الشبكة البلازمية الداخلية الملساء (Smooth Endoplamic Reticulum) .

تختلف الشبكة البلازمية الداخلية الملساء عن الخشنة بخلوها من الرايبوسومات ولذا تكون اغشيتها ملساء وهي كما هو الحال في الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة تعمل على نقل المواد داخل الخلية وكشبكة هيكلية للمادة البينية السايتوبلازمية ، وتقوم الشبكة الملساء بدور مهم في ازالة التأثير السمي لبعض السموم والادوية المخدرة ، وهي تمثل مواضع لبناء وتجمع الشحوم لغرض خزنها ولذلك فهي تكثر في خلايا المبايض والخصى والغدتين الكظريتين حيث تقوم بأفراز الهورمونات السترويدية .



شكل (1-8) الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة والملساء وموقعها ضمن الخلية (للاطلاع) .

(2) جهاز كولجي (Golgi Apparatus) .

يعد جهاز كولجي جهازاً افرازياً خلوياً ، وقد وصفه لاول مرة ومن خلال دراسة الخلايا العصبية العالم كولجي (Golgi) في العام (1898) . يمثل جهاز كولجي موقعاً خاصاً في السايتوبلازم بين النواة والغشاء البلازمي ومن الصعوبة تمييز حدوده بشكل دقيق ، وهو يختلف في الشكل والحجم من خلية الى اخرى .

يتألف جهاز كولجي من ثلاث ردهات محددة بأغشية ملساء، الاولى تتمثل بعدد (3-10) من الاكياس المسطحة التي يطلق عليها الصهاريج (Cisternae) والثانية عبارة عن حويصلات (Vesicles) والثالثة مؤلفة من فجوات (Vacuoles) كبيرة (شكل 1-9) ، وجهاز كولجي يخلو من الرايبوسومات .

يطلق على جهاز كولجي في الخلية النباتية اسم الدكتيوسوم (Dictyosome) ، وهو يقوم ببناء السيليلوز وبعض مكونات الجدار الخلوي في الخلية النباتية .



شكل (1-9) .
تركيب جهاز كولجي وموقعه ضمن الخلية
(للاطلاع) .

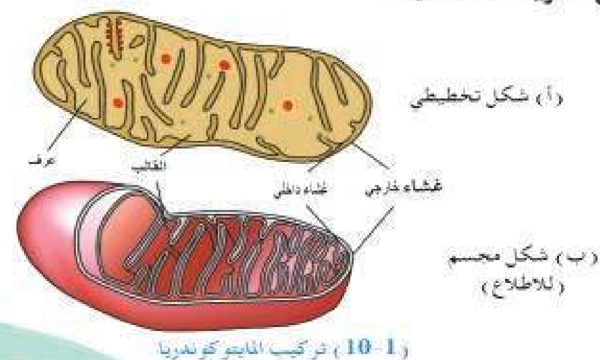
وفي الخلايا الحيوانية ينجز جهاز كولجي عدداً من الوظائف منها

- بناء وافراز السكريات المعقدة .
- افراز البروتين الذي يحصل عليه من الشبكة البلازمية الداخلية اي انه لايصنع البروتين .
- افراز العديد من المواد مثل الهورمونات والانزيمات وغيرها .

(3) المايتوكوندريا (Mitochondria) .

المايتوكوندريا تراكيب كروية او خيطية عرضها (0.5 - 1) مايكروميتر وطولها قد يصل (10) مايكروميتر ويختلف توزيعها ضمن الخلايا المختلفة . توجد المايتوكوندريا في جميع الخلايا حقيقية النواة ، وهي تتباين في حجمها بحسب الخلايا التي توجد فيها . تحاط المايتوكوندريا بغشاء مزدوج (ثنائي الطبقات) ، والطبقة الداخلية منه تظهر عدة انثناءات وانطواءات تتخذ اشكالاً واتجاهات مختلفة ، وتعرف هذه التراكيب بالاعراف (Cristae) وهي تزيد المساحة السطحية للطبقة الداخلية لغشاء المايتوكوندريا (شكل1-10) .

تعرف المايتوكوندريا ببيوت الطاقة في الخلية لما لها من علاقة بانتاج معظم جزيئات الادينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) ذات الطاقة العالية ، وعليه فأن الوظيفة الرئيسية للمايتوكوندريا هي التنفس الخلوي ، وذلك لاحتواءها على الانزيمات التنفسية .



(1-10) تركيب المايتوكوندريا

(4) البلاستيدات (Plastids) .

عضيات خلوية توجد في سايتوبلازم الخلايا النباتية (شكل 1-5) ، وتظهر بأشكال واحجام والوان مختلفة ، فمنها البيضوي والكأسي والحلزوني والنجمي وغير ذلك وتكون البلاستيدات على ثلاثة انواع :

أ - البلاستيدات الملونة : التي تحوي صبغات مختلفة تعطي الوان الأزهار والثمار .

ب - البلاستيدات عديمة اللون : تشكل مراكز لتحول سكر الكلوكوز الى سكريات متعددة مثل النشاء او الى شحوم وبروتينات ، فبياض البطاطا على سبيل المثال ناتج عن وجود بلاستيدات عديمة اللون بكميات كبيرة ومليئة بالنشاء .

جـ - البلاستيدات الخضر :هي البلاستيدات الشائعة في النباتات .

تحاط البلاستيدة الخضراء بغشاء مزدوج ، ويوجد داخل الغشاء تركيبان مهمان هما البذيرة او الكرانوم (Granum) وجمعها كرانا (Grana) ، والسدى او الحشوة (Stroma) (شكل 1-11) ، السدى هو المادة السائلة الشفافة التي تملأ الفسحة الداخلية للبلاستيدة ، وتحوي داخلها الكرانا التي تحوي الكلوروفيل . ويمكن ايجاز وظائف البلاستيدات الخضر في كونها تساهم في عملية البناء الضوئي حيث تحتاج هذه العملية الى صبغات تتمكن من اقتناص الطاقة الشمسية ، وانزيمات تستطيع تكوين الكاربوهيدرات وهذه الصبغات (الكلوروفيل على سبيل المثال) موجودة على اغشية الكرانا ، ووجود الانزيمات التي تختزل ثنائي اوكسيد للكاربون (CO_2) في السدى يسهل على البلاستيدات الخضر القيام بعملية البناء الضوئي (Photosynthesis) .

غشاء الثايلو كويد : تركيب كيسي قرصي الشكل يتكون من الغشاء الداخلي للبلاستيدة يحوي يخضور وانزيمات تساهم في انجاز عملية البناء الضوئي .



(ب) شكل مجسم (للاطلاع) — (أ) شكل تخطيطي

شكل (1-11)

تركيب البلاستيدة الخضراء.

(5) الجسيمات الحالة (Lysosomes) .

هي حويصلات محاطة بغشاء احادي الطبقة ، وتحتوي اعداداً كبيرةً من الانزيمات المحللة (اكثر من 40 انزيم) تكون مسؤولة عن عملية الهضم داخل الخلية . وتوجد الجسيمات الحالة في جميع الخلايا تقريباً وبشكل خاص الخلايا التي تتميز بقابلية البلعمة (Phagocytosis) ، مثل خلايا الدم البيض العدلة (Neutrophils) (شكل 1-12) .

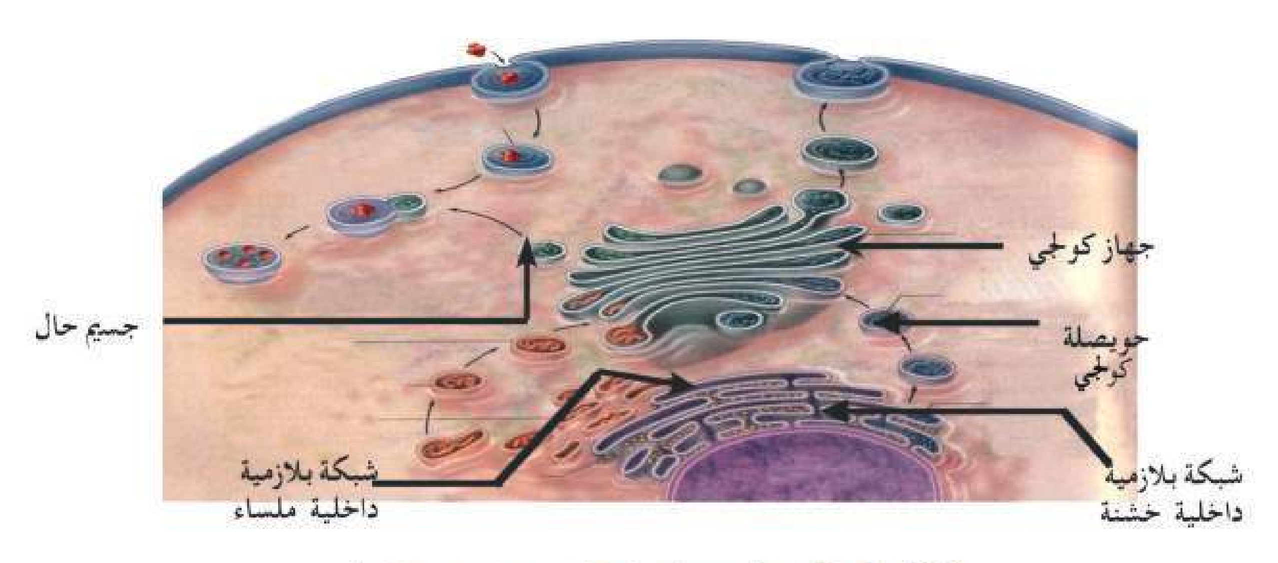
تنجز الجسيمات الحالة العديد من الوظائف الخلوية منها :

أ . تخلص سايتوبلازم الخلية من بعض الدقائق الغذائية وقطع المايتوكوندريا والاحياء المجهرية وغير ذلك من الشوائب .

ب . تؤدي الجسيمات الحالة دوراً مهماً في عملية التحول الشكلي (Metamorphosis) في الحيوانات وعلى سبيل المثال اختفاء ذنب دعاميص (يرقات) الضفادع عند تحولها الى ضفادع بالغة ، وتتم هذه العملية من خلال تحرر الانزيمات من الجسيمات الحالة الى سايتوبلازم الخلية وينتج عن ذلك هضم محتويات السايتوبلازم من الجزيئات الكبيرة وبالتالي موت الخلية ، بعملية يطلق عليها التحلل الذاتي (Autolysis) ، وتسهم هذه العملية في تحلل اجسام الكائنات الحية بعد موتها .

جـ . تعمل على تحطيم الخلايا المكونة لها ، عند موت الكائن الحي .

د . تدوير العناصر في الطبيعة من خلال عملية التحلل الذاتي .



شكل (1-12) . الجسيمات الحالة وموقعها في الخلية .

(6) هيكل الخلية (Cytoskeleton) .

للخلايا حقيقية النوى جهاز مميز من الخيوط الدقيقة والنبيبات التي تكون هيكل الخلية ، وهذه تعطي دعامة للخلية ، وتحافظ على شكلها ، ويستعمل هذا الجهاز من قبل العديد من الخلايا كوسائل حركة وانتقال للعضيات داخل الخلية ويتكون من التراكيب الاتية :

آ . الخيوط الدقيقة (Microfilaments) .

هي تراكيب رقيقة ومستقيمة لوحظت لاول مرة بوضوح في الخلايا العضلية ، وهي تتمثل بخيوط الاكتين المكونة من بروتين الاكتين وخيوط المايوسين وهي الاخرى مكونة من بروتين المايوسين وكلا النوعين مسؤول عن قدرة الخلية في التقلص والانبساط .

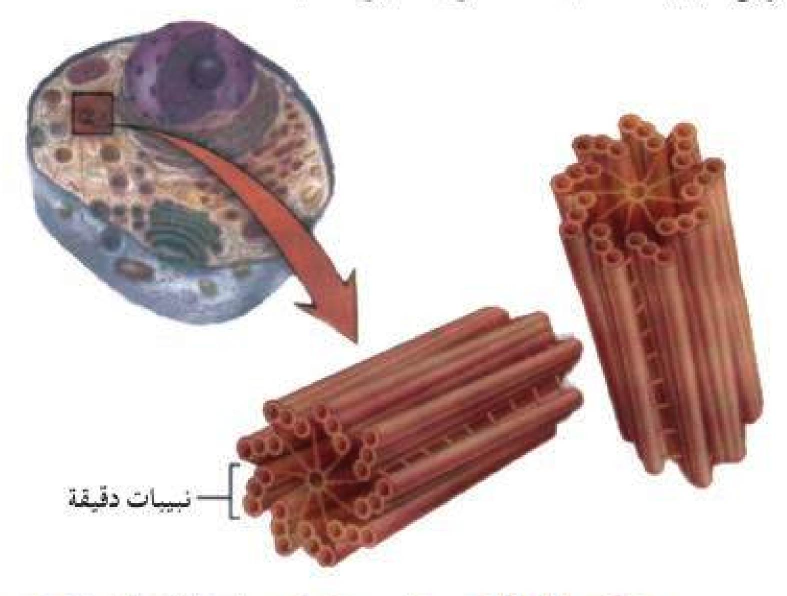
ب . النبيبات الدقيقة (Microtubules) .

هي اكبر من الخيوط الدقيقة وتتمثل بتراكيب انبوبية مكونة من بروتين يدعى تيوبيولين (Tubulin) وللنبيبات الدقيقة دوراً حيوياً في حركة الكروموسومات اثناء انقسام الخلية وتعد مهمة بالنسبة للهيكل الخلوي، والتنظيم وانتقال المواد ، فضلاً عن كونها تكون اجزاءاً اساسية في تركيب الاهداب والاسواط . والنبيبات الدقيقة التي توجد في سايتوبلازم الخلايا الحيوانية عادة وفي بعض الاحياء الواطئة مثل الطحالب والفطريات ، تقع بالقرب من النواة ، وتشكل الجسيمات المركزية (Centrosomes) .

ج - الجسيمات المركزية (Centrosomes) .

يحتوي الجسيم المركزي على زوج من المريكزات (Centrioles) عادة (شكل 1 - 13) وكل منهما **يمثل** اسطوانة مكونة من تسع مجاميع وتحتوي المجموعة الواحدة على ثلاثة نبيبات دقيقة .

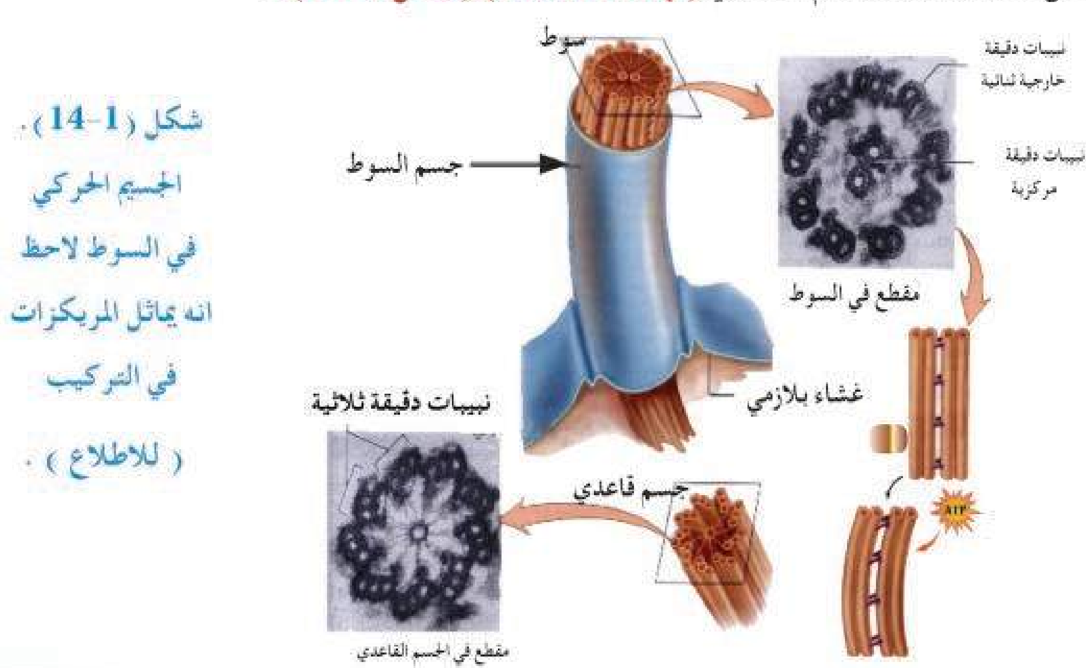
يتضاعف الجسيم المركزي عند انقسام الخلية ويبتعد الجسيمان المركزيان الى القطبين المتقابلين للخلية ويرتبطان معاً بالخيوط المغزلية . وبالرغم من عدم وجود الجسيمات المركزية في الخلايا النباتية، الا انه يوجد مركز لتخليق او تكوين النبيبات الدقيقة كما توجد خيوط دقيقة .



شكل (1-13) . الجسيم المركزي في الخلية (للاطلاع)

(7) الجسيم الحركي (Kinetosome) .

هو يشابه المريكزات (Centrioles) في تركيبه ، ويتمثل بتركيب يتخذ موقعاً عند قاعدة الهدب او السوط في الخلايا التي تحوي اهداباً او اسواطاً وللجسيم الحركي دوراً مهماً في حركة الاهداب والاسواط ويطلق عليه ايضاً بالجسيم القاعدي (Basal Body) (شكل 1-14) .



شكل (1-14) . الجسيم الحركي في السوط لاحظ انه يماثل المريكزات في التركيب (للاطلاع) .

(8) الفجوات (Vacuoles) .

هي اكياس غشائية (Memberanous Sacs) توجد ضمن سايتوبلازم الخلية والفجوات في بعض الطليعيات (Protists) تكون متخصصة ، فهي تتمثل بفجوات متقلصة (Contractile Vacuoles) تعمل على تخليص الخلية من الماء الزائد عن الحاجة مع بعض المواد الابرازية الذائبة كما هو الحال في الاميبا والبراميسيوم ، كما توجد فجوات غذائية تتكون وقتياً من خلال احاطة المواد الغذائية بغشاء من الكائن الحي، ويهضم الغذاء داخل هذه الفجوات من خلال انزيمات تفرزها الجسيمات الحالة الى داخل الفجوة . اما في الخلايا النباتية فأن الفجوات تكون اكثر وضوحاً مما في الخلايا الحيوانية، وهي صغيرة في الخلايا الفتية وواسعة في الخلايا الناضجة ، وتحتوي على عصير لمواد مختلفة بصورة ذائبة بشكل محلول يعرف بالعصير الخلوي (Cell Sap) .

ثانياً : المحتويات غير الحية للخلية

هي عادة مكونات مؤقتة في السايتوبلازم يطلق عليها بالمخلفات السايتوبلازمية (Cytoplasmic Deposit) وتتكون هذه المخلفات بشكل رئيس من مواد ايضية او مخلفات متراكمة ذات طبيعة مختلفة ، هي توجد بعدة اشكال منها .

1. القطيرات الدهنية (Lipid Droplets) في خلايا النسيج الدهني وخلايا الكبد .
2. التجمعات الكاربوهيدراتية التي تتمثل بالكلايكوجين (Glycogen) ، كما تتضح في خلايا الكبد .
3. البروتينات التي تخزن في الخلايا الغدية بشكل حبيبات افرازية (Secretory granules) ، وتتحرر هذه الحبيبات بشكل دوري الى السائل خارج الخلايا .
4. مخلفات المواد الملونة او الصبغات (Pigments) اذ تقوم الخلايا بصنع هذه الصبغات كما هو الحال في خلايا الجلد .
5. الانزيمات والهورمونات وبعض انواع الفيتامينات وهذه تأخذ اشكالاً حبيبية كروية او بيضوية وتكون محاطة بغشاء كما هو الحال في الحبيبات الافرازية العصبية .

1 - 5 - 3 . النواة (Nucleus)

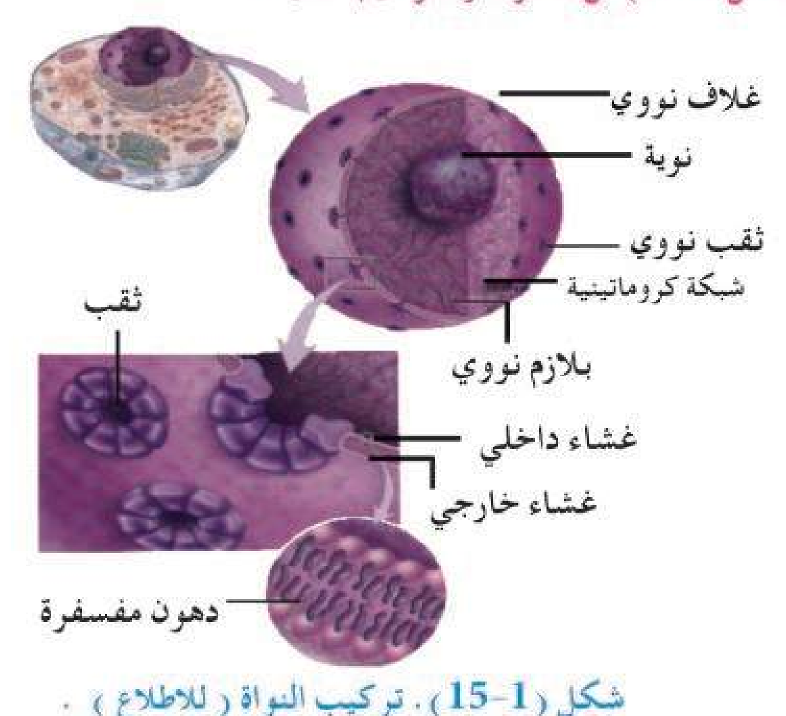
تمثل النواة اهم مكونات الخلية في الكائنات الحية ويعد وجودها اساسي للحياة حيث ان بقاء الخلية يعتمد على المبادلات الايضية المختلفة التي تتم بين النواة والسايتوبلازم ، والخلية التي تفقد نواتها تعيش لفترة قصيرة ثم تتحلل كما هو الحال في خلايا الدم الحمراء الناضجة .

تظهر نوى الخلايا تبايناً في اشكالها وهذا التباين ذو صلة بشكل الخلية وهي قد تكون كروية او بيضوية او مفصصة او غير منتظمة الشكل كما هو الحال في خلايا الدم البيض .

تمثل النواة اكبر عضية مميزة داخل الخلية ويختلف حجم النواة باختلاف الخلايا ويكون لحجمها علاقة بحجم السايتوبلازم والغالبية العظمى من الخلايا تكون وحيدة النواة ، ولكن توجد حالات تكون فيها الخلايا ثنائية النواة كما هو الحال في خلايا الغضروف والكبد والانسجة **العضلية** .

تتخذ النواة موقعاً مركزياً في الخلايا الجنينية ، وتتخذ موقعاً جانبياً او محيطياً في بعض الخلايا الافرازية كالخلايا الدهنية او المخاطية .

تتالف النواة (شكل 1-15) من الاجزاء او التراكيب الاتية :



شكل (1-15) . تركيب النواة (للاطلاع) .

1. الغلاف النووي (Nuclear Envelope) .

هو غشاء رقيق ثنائي الطبقة ، يحدد النواة وله خواصه الفيزيائية و**الكيميائية** وهو ينظم تبادل المواد بين النواة والسايتوبلازم لاحتوائه ثقوب دقيقة تمر من خلالها بعض جزيئات المواد ، ويمتاز الغشاء النووي بخاصية النفاذية الاختيارية . ويوجد هذا الغشاء محيطاً بمحتويات النواة في جميع الخلايا **فيما** عدا البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة (بدائية النواة) حيث لاتمتلك نواة بل مادة نووية .

2. البلازم النووي (Nucleoplasm) .

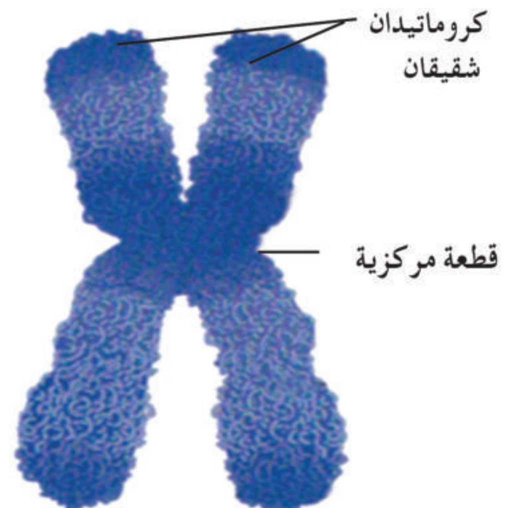
هو سائل هلامي عديم اللون يملأ النواة وتتوزع فيه المحتويات النووية و**المتمثلة** بالنوية والشبكة الكروماتينية .

3 . النوية (Nucleolus) .

تحتوي النواة نوية واحدة او اكثر ، وعلى سبيل المثال تحوي نواة خلية البصل اربع نويات. وتبدو النوية بشكل تركيب كروي داخل النواة كبيرة الحجم نسبياً ، وهي تتكون من البروتين والحامض النووي الرايبي (RNA) ، وللنوية دوراً هام في تكوين الرايبوسومات التي يتم فيها تكوين البروتينات .

4. الشبكة الكروماتينية (Chromatine Network) .

تظهر الشبكة الكروماتينية بشكل تراكيب خيطية متداخلة غير منتظمة الشكل ، وتتضح خيوط الشبكة الكروماتينية اثناء الانقسام الخلوي مكونة عدداً محدداً من التراكيب العصوية في الغالب وتعرف بالكروموسومات (Chromosomes) وهي تحمل الجينات (المورثات) التي يتم بواسطتها نقل الصفات الوراثية من جيل الى آخر، ولذا اكتسبت الكروموسومات اهمية كبرى بسبب الدور الاساسي الذي تلعبه في الوراثة والتكاثر والتباين والطفرات وغيرها .



شكل (1-16) . الكروموسوم .

يمكن رؤية الكروموسومات فقط عند انقسام الخلية ويختلف عدد الكروموسومات في الانواع المختلفة من الاحياء اذ ان لكل نوع عدداً ثابتاً من الكروموسومات ففي خلايا دودة الاسكارس هناك كروموسومان فقط وقد يصل عدد الكروموسومات في خلايا الفراشة الاسبانية الى (380) كروموسوم ، وهناك (12) كروموسوم في الذبابة المنزلية و (26) في الضفدع و (80) في الحمامة وفي الحصان يكون العدد (64) كروموسوماً اما في الانسان فيكون العدد (46) كروموسوماً . ولابد من الاشارة الى ان هذه الاعداد تمثل اعداد الكرموسومات في الخلايا الجسدية وان اعدادها في الامشاج او الخلايا الجنسية يكون نصف العدد اي ان بويضة الانسان او النطفة تحتوي (23) كروموسوماً في حين يكون العدد في الخلايا الجسدية ($46 = 2 \times 23$) وهو ناتج من اندماج نواة خلية البيضة بنواة النطفة وللكروموسومات في كل نوع من انواع الكائنات الحية شكل وحجم ثابت ويتراوح طول الكروموسوم بين (0.2 - 50) مايكروميتر وعلى سبيل المثال يصل طوله في الانسان من (4 - 6) مايكروميتر (شكل 1-16).

مقارنة بين الخلية الحيوانية والنباتية :

تظهر الخلايا النباتية والحيوانية بعض جوانب الاختلاف فيما بينها، والجدول (1-2) يوضح اهم جوانب الاختلاف والتشابه بين الخلايا النباتية والحيوانية من الناحية التركيبية .

جدول (1 - 2) . مقارنة بين الخلية النباتية والخلية الحيوانية

الصفة	الخلية النباتية	الخلية الحيوانية
1. الغلاف الخلوي .	يكون على هيئة غشاء بلازمي رقيق، بالاضافة الى جدار سيليلوزي سميك يحوي الخشبين او اللكنين احياناً مما يعطي الخلية شكلاً ثابتاً .	يكون على هيئة غشاء بلازمي رقيق .
2. البلاستيدات .	توجد بلاستيدات خضراء ترتبط غالباً بالتمثيل الضوئي ، ويوجد منها عديمة اللون او البيضاء وتلك ذات الالوان المختلفة .	لاتوجد بلاستيدات .
3. الجسيمات المركزية	لاتوجد جسيمات مركزية الا في بعض النباتات البدائية .	توجد في معظم الخلايا الحيوانية ولها دور في انقسام الخلية .
4. الفجوات الخلوية .	قليلة العدد ، كبيرة الحجم ، وقد تشغل معظم حجم الخلية النباتية البالغة .	كثيرة العدد ، صغيرة الحجم ، منتشرة في السايتوبلازم .
5. انقسام الخلية .	عند انقسام الخلية تتكون الصفيحة الخلوية التي تنمو من المركز الى الخارج حيث يكونّها بروتوبلاست الخلية .	عند انقسام الخلية يحصل تخصر في السايتوبلازم يمتد من الخارج نحو الداخل .

6-1. الانشطة الخلوية (Cell Activities)

تنجز الخلايا الحية نباتية كانت ام حيوانية العديد من الانشطة تنعكس مظاهرها على نشاط الكائن الحي ، ولعل اهم هذه الانشطة مايأتي :

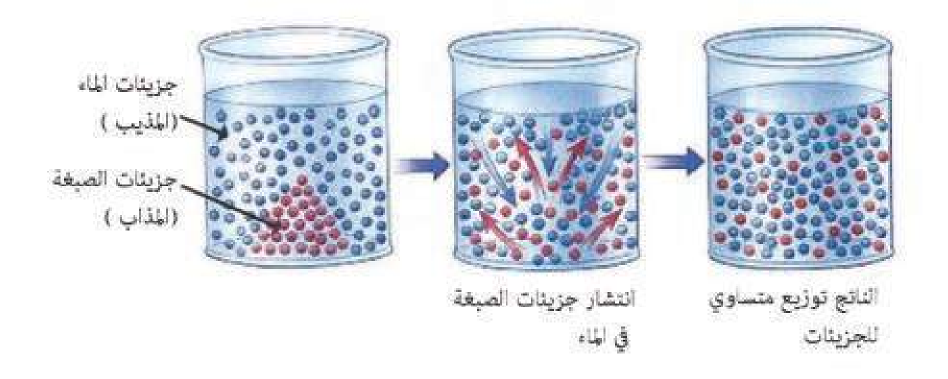
أولاً : عبور المواد عبر الاغشية .

تعد عملية عبور المواد الى الخلية وخارجها من العمليات الخلوية الاساسية التي تنظم الاحوال الوظيفية الخلوية ، اذ يتحدد بموجبها تنظيم خروج المواد الاخراجية والماء من الخلية ولايخفى مالهذا من اهمية في حفظ واستمرار العمليات الحيوية للخلية وبناء المواد الحية فيها ويتم العبور بطرق مختلفة منها :

(1) الانتشار (Diffusion) .

يعرف الانتشار بانه حركة الايونات والجزيئات خلال وسط معين من المناطق ذات التركيز العالي الى المناطق ذات التركيز الواطئ .

وكقاعدة فان الغازات مثل الاوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون ، والمواد القابلة للذوبان في الدهون مثل الهيدروكاربونات والكحولات هي المواد المذابة التي يمكنها الانتشار عبر الاغشية الحيوية (غشاء الخلية) بحرية تامة . ويمكن ملاحظة ظاهرة الانتشار بالعين المجردة من خلال وضع بلورات لكبريتات النحاس او برمنغنات البوتاسيوم في اناء زجاجي يحوي ماء ، فسوف نلاحظ انتشار المادة الملونة الناتجة من ذوبان البلورات اعلاه في الماء حيث تنتشر المادة الملونة عبر مسافات قصيرة بينما يقل انتشارها عبر المسافات الطويلة وهذا يعود الى ان المسافة التي تقطعها الجزيئات المنتشرة تتناسب طردياً مع زمن الانتشار، ومع مرور الوقت فأن المادة سوف تنتشر في كل اجزاء الماء في الاناء الزجاجي ، (شكل 1-17) .



شكل (1-17) عملية الانتشار

(2) النفوذية (Permeability) .

تمثل ظاهرة تبادل المواد بين الخلية ومحيطها عبر الغشاء البلازمي حيث تستطيع الخلية ان تمتص المواد الغذائية اذا وجدت في وسط غذائي مناسب ، ولكن مجرد وجود المواد الغذائية خارج الخلية لايعني بالضرورة انه بامكان الخلية استغلالها فعلى هذه المواد ان تمر اولاً خلال الغشاء البلازمي كما يجب ان تتميز بذوبانها في الماء بدرجة معينة حتى يمكنها العبور خلال هذا الغشاء ، وبالمثل لابد ان تتميز النواتج الاخراجية ومواد الفضلات بذوبانها في السايتوبلازم حتى تستطيع العبور الى خارج الخلية . وبشكل عام يمكن ان تصنف الاغشية تبعاً لقدرتها على نفاذية المواد الى :

- اغشية ذات نفاذية تامة وهي التي تنفذ المواد من خلالهابغض النظر عن طبيعتها او حجم جزئياتها كما في الجدار الخلوي .
- اغشية شبه نفّاذة (Semi Permeable) وهذه لاتسمح بعبور الذائبات بنفس معدلات عبور المذيبات .
- اغشية ذات نفاذية اختيارية (Selectively Permeable) وهي تسمح بعبور المواد اختيارياً تبعاً لحجم جزيئاتها مثل الغشاء البلازمي .
- اغشية غير نفاذّة مثل اغشية النايلون . ولابد من الاشارة الى أن نفوذية الغشاء البلازمي تتأثر بعوامل داخلية وخارجية .

(3) التناضح (Osmosis) .

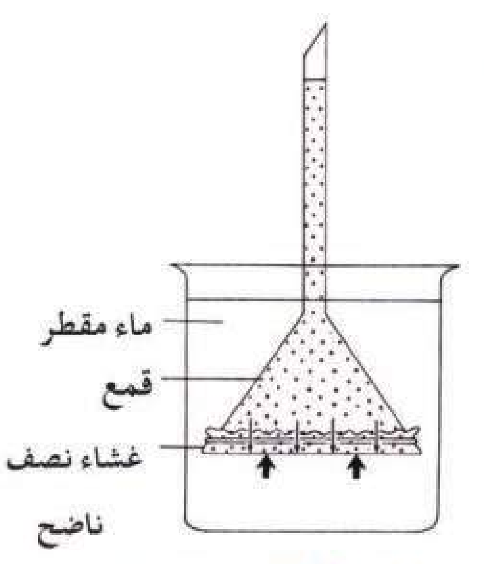
يمكن تعريف التناضح بانه حركة جزيئات الماء خلال غشاء اختياري النفاذية (الغشاء البلازمي) تبعاً لاختلاف التركيز ، وتتم حركة جزيئات الماء وفق قانون الانتشار اذ ان التناضح هو حالة من حالات الانتشار ولكي نوضح التناضح يمكن اجراء تجربة بسيطة (شكل 1-18) . باستخدام غشاء ذو نفاذية اختيارية مثل السيلوفان مربوطاً باحكام في نهاية قمع . يملأ القمع بالماء المقطر ، ويوضع في حوض زجاجي يحوي ماء مقطر بحيث يكون مستوى الماء داخل وخارج القمع في مستوى واحد وعند اضافة محلول سكري الى القمع نلاحظ ارتفاع مستوى الماء في انبوبة القمع الزجاجي مشيراً الى أن الماء يمر خلال غشاء السليوفان الى محلول السكر (شكل 1-18) في القمع مسبباً ضغطاً هيدروستاتيكياً (Hydrostatic Pressure) ويتوقف دخول جزيئات الماء عندما يتساوى الضغط الهيدروستاتيكي مع الضغط التناضحي .

تنقسم المحاليل تبعاً لتركيزها التناضحي الى ثلاثة انواع لكل منها تأثير خاص في الخلية وهي :

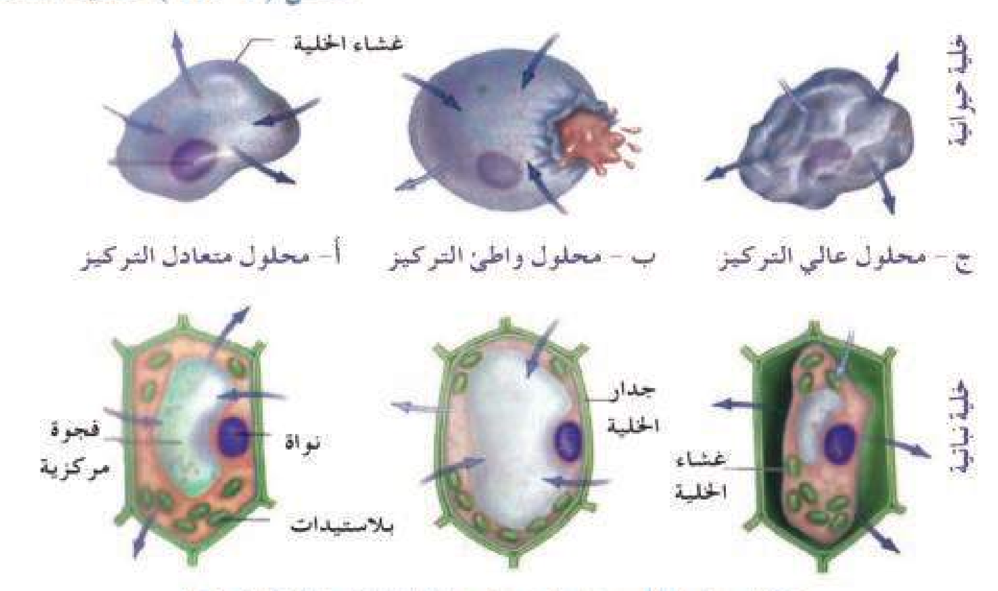
أ. المحلول متعادل التركيز (Isotonic Solution) وفيه يكون تركيز الماء خارج الخلية مساوٍ لتركيزه في سايتوبلازم الخلية ، والخلية لاتكسب ولاتفقد الماء (شكل 1-19) .

ب . المحلول واطئ التركيز (Hypotonic Solution)

يتميز هذا المحلول بتركيز منخفض من المواد الذائبة غير النفاذة اذا ماقورنت بالمواد الذائبة في سايتوبلازم الخلية الموجودة فيه والخلية تكتسب الماء وقد يؤدي دخول الماء الى انتفاخ الخلية الحيوانية وتمزقها (شكل 1-19) .




شكل (1-18) عملية التناضح .

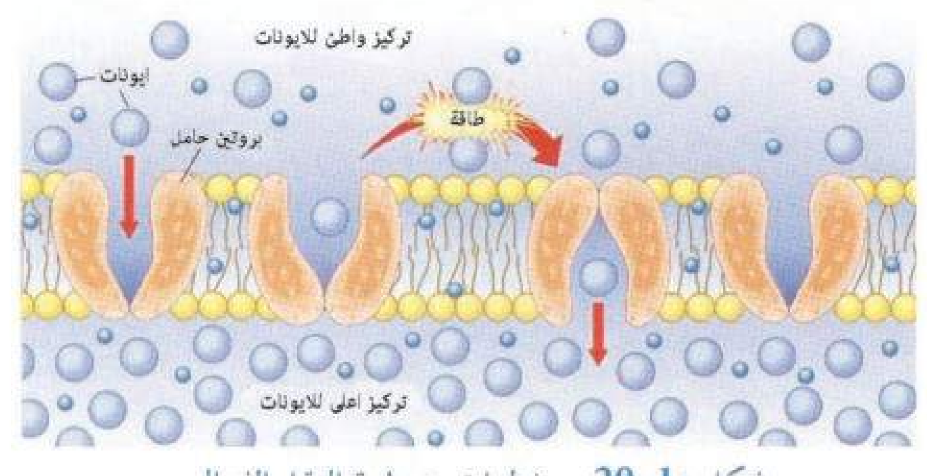


شكل (1-19) . التناضح في الخلايا الحيوانية والنباتية .

ج. المحلول عالي التركيز (Hypertonic Solution) ، يتميز هذا المحلول بتركيز عال من المواد الذائبة بالمقارنة مع السايتوبلازم ، ولذلك فان حركة الماء تكون من السايتوبلازم الى المحلول الخارجي مما يترتب عليه انكماش الخلايا (شكل 1-19) . ونظراً لوجود جدار في الخلايا النباتية فأن حجم الخلية لايتغير كثيراً بالمقارنة مع الخلايا الحيوانية عندما توضع في محلول عال التركيز ، وان مايحدث هو ابتعاد الغشاء الخلوي عن جدار الخلية (شكل 1-19) وهذا مايعرف بالبلزمة (Plasmolysis) وهو بالطبع ناتج عن خروج الماء من الخلية ولكن عند اضافة الماء للمحلول تعود الخلية الى حالتها الاولى وتسمى هذه العملية العكسية ، بحالة ازالة البلزمة (Deplasmolysis) .

(4) النقل النشط او الفعال (Active Transport) .

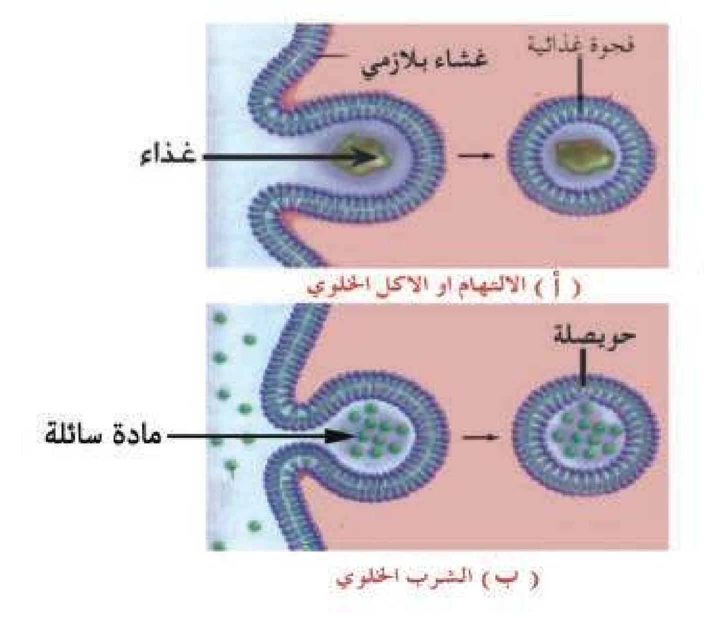
تمتص الخلايا احياناً بعض المواد من محيطها الخارجي بالرغم من ان تراكيز تلك المواد داخل الخلايا اعلى منها في الخارج ، ومن اجل انجاز هذه العملية لابد من وجود مواد حاملة (Carriers) في غشاء الخلية يمكنها التحرك من الخارج الى الداخل وبالعكس ، حيث تتحد المادة الحاملة مع مادة اخرى (جزيء أو أيون) تحتاجها الخلية وتتحرك باتجاه السطح الداخلي للغشاء حيث تنفصل المادة المنقولة داخل السايتوبلازم (شكل 1-20) وتحتاج هذه العملية الى صرف طاقة تستمد من ATP في الخلية الحية .



شكل (1-20) .خطوات عملية النقل الفعال .

(5) البلعمة (Phagocytosis) .

يقصد بالبلعمة الاكل الخلوي وهي طريقة شائعة للتغذية بين الطليعيات مثل الاميبا وهي ايضا الطريقة التي تلتهم بها خلايا الدم البيض بقايا الخلايا والجراثيم التي توجد بالدم وتتم هذه العملية بان يكون غشاء الخلية جيباً يحيط المادة الصلبة ، وبعد ذلك ينفصل هذا الجيب او الحوصلة من سطح الخلية ويتحرك داخل السايتوبلازم ، حيث تهضم محتوياتها بوساطة الانزيمات المفرزة من الجسيمات الحالة والموجودة ضمن السايتوبلازم (شكل 1-21أ) .



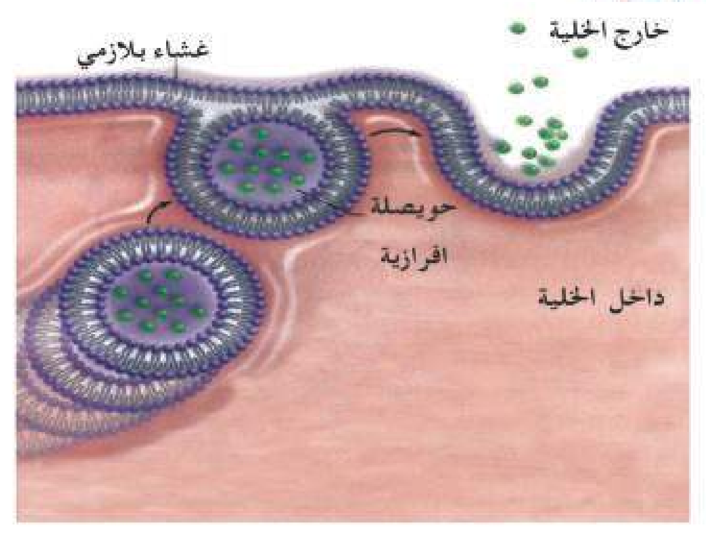
شكل (1-21) .عملية البلعمة
(أ) الاكل الخلوي . (ب) الشرب الخلوي .

(6) الشرب الخلوي (Pinocytosis) .

وهو عملية مشابهة للاكل الخلوي فعند دخول مادة سائلة من خارج الخلية يحدث انبعاج صغير في غشاء الخلية يحيط بالمادة السائلة والتي تصبح داخل حويصلة (Pinocytic Vesicle) حيث تنفصل هذه الحويصلة من غشاء الخلية وتصبح داخل الخلية كما في (الشكل 1 - 21 ب) .

(7) الاخراج الخلوي (Exocytosis) .

يستعمل مصطلح الاخراج الخلوي لوصف عملية تحرير بعض المواد من داخل الخلية الى خارجها وتحدث هذه العملية في خلايا مختلفة للتخلص من بقايا مواد غير مهضومة دخلت بوساطة عملية الادخال الخلوي او لافراز مواد مثل الهورمونات (شكل1 -22) .



شكل (1-22) . الاخراج الخلوي .

ثانياً : الايض الخلوي (Cell Metabolism)

تمثل عمليات الايض الخلوي مجموع التحولات الكيميائية التي تحدث في الخلية بمساعدة الانزيمات في الخلية وتتضمن عملية الهدم (Catabolism) وعن طريقها تتحلل المواد ، وعملية البناء (Anabolism) والتي عن طريقها تبنى النواتج الجديدة .

وتتميز عمليات البناء باستهلاكها للطاقة عادة بينما يرافق عمليات الهدم تحرر الطاقة ، وعلى سبيل المثال فان بناء جزيئة سكر العنب (الكلوكوز) من ثنائي اوكسيد الكاربون والماء يحتاج طاقة ، تأخذها النباتات الخضر من ضوء الشمس ، بينما تتضمن عملية هدم جزيئة الكلوكوز في التنفس تحرر الطاقة التي يستغلها الكائن الحي في الكثير من اعماله .

1 - 1 . التنفس (Respiration) .

يعد سكر العنب (سكر الكلوكوز) مادة التنفس الرئيسة ، حيث يعاني سلسلة من التفاعلات متحولاً الى جزيئتين من الحامض البايروفي (Pyruvic Acid) خلال عملية تدعى بالتحلل السكري (Glycol ysis) ، وتجري هذه العملية في سايتوبلازم الخلية لوجود انزيماتها . ويمكن ايجاز عملية التحلل السكري (مخطط 1 - 1) بالآتي:

أ تنشيط جزيئة الكلوكوز (6C) بالفسفرة فيتحول الى كلوكوز احادي الفوسفات ، وتستهلك في العملية جزيئة من ATP .

ب يتم تحويل الكلوكوز احادي الفوسفات (6C) الى فركتوز احادي الفوسفات (6C) بفعل انزيم معين .

ج يتم تنشيط الفركتوز احادي الفوسفات (6C) بعملية فسفرة ثانية فيتحول الى فركتوز ثنائي الفوسفات ، وتستهلك في العملية جزيئة من ATP .

د تنشطر جزيئة الفركتوز ثنائي الفوسفات (6C) الى جزيئتين من الكليسر الديهايد المفسفر (3C) كمحصلة لهذا الانشطار .

هـ تتحول كل جزيئة من الكليسر الديهايد المفسفر الى جزيئة من الحامض البايروفي (اي تصبح بالنتيجة جزيئتان من الحامض البايروفي) ، علماً انه يتم انتاج اربع جزيئات من ATP من خلال عملية التحول ويستهلك منها جزيئتين في عمليتي الفسفرة وبالتالي يكون الربح 2ATP .

و اذا كان التنفس لاهوائياً (Anaerobic Respiration) فيحصل للحامض البايروفي اما تخمر كحولي او تخمر لبني في سايتوبلازم الخلية .

اما اذا كان التنفس هوائياً (Aerobic Respiration) فيتحول الحامض البايروفي الى جزيئة من (استيل كو -A) الذي يدخل في تفاعلات تدعى دورة كريبس (Kreb s Cycle) في مايتوكوندريا الخلية وفيما يلي توضيح لتفاعلات التنفس اللاهوائي والتنفس الهوائي .

أولاً : التنفس اللاهوائي ويشمل :

(أ) التخمر الكحولي ويحصل في الخميرة والنباتات الخضر عند غياب او نقص الاوكسجين وفي بعض انواع البكتيريا حيث يحصل للحامض البايروفي اكسدة بانتزاع جزيئة (CO_2) ثم اختزال بهيدروجين التحلل السكري متحولاً الى كحول اثيلي كما في المعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{تحلل سكري}} 2CH_3-\overset{\overset{O}{||}}{C}-COOH \xrightarrow[2CO_2]{\text{أكسدة بنزع}} 2CH_3-\overset{\overset{O}{||}}{C}-H$$

سكر الكلوكوز — حامض بايروفي — اسيتالديهايد

$$2CH_3-\overset{\overset{O}{||}}{C}-H \xrightarrow[\text{من التحلل السكري}]{\text{اختزال بالهيدروجين } 2(2CH)} 2CH_3CH_2OH + 2ATP$$

كحول اثيلي — طاقة

(ب) التخمر اللبني ويحصل في بعض انواع البكتيريا والعضلات حيث يحصل للحامض البايروفي اختزالاً متحولاً الى الحامض اللبني كما في المعادلة التالية :

$$\underset{\text{سكر كلوكوز}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{تحلل سكري}} \underset{\text{حامض بايروفي}}{2CH_3 - \overset{\overset{O}{||}}{C} - COOH}$$

$$\xrightarrow[\text{من التحلل السكري}]{\text{اختزال بالهيدروجين } 2(2H)} 2ATP + \underset{\text{حامض لبني}}{2CH_3 - \overset{\overset{OH}{|}}{CH} - COOH}$$

ثانياً : التنفس الهوائي (Aerobic Respiration) .

بعد تحول الحامض البايروفي الناتج من التحلل السكري الى (استيل كو –A) ، يدخل الاخير (استيل كو – A) دورة كريبس (والذي يعد مفتاحاً لها) في سلسلة من التفاعلات مؤدية الى تحرير كامل الطاقة والبالغة 12جزيئة ATP في كل دورة ، ويوضح المخطط (1-1) . خطوات التحلل السكري ودورة كريبس، وخلاصة لما تقدم فأن مقدار الطاقة المتحررة من اكسدة جزيء غرامي واحد من سكر الكلوكوز اكسدة تامة في التنفس الهوائي كما يأتي :

2ATP

ربح الطاقة من التحلل السكري .

6ATP (2 × 3 ATP)

من تحول جزيئتي الحامض البايروفي الى استيل كو – A .

6ATP (2 × 3 ATP)

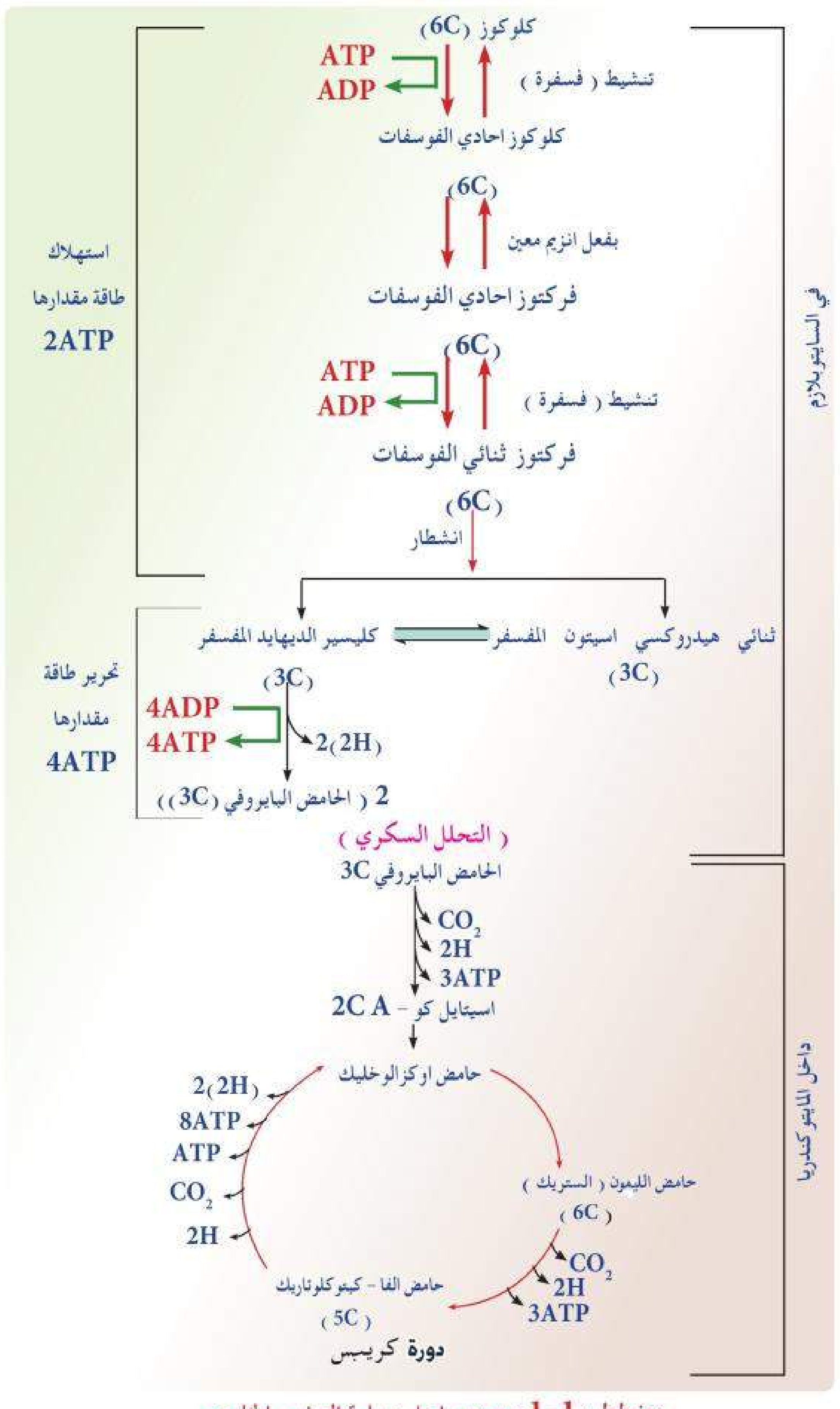
من 2(2H) الناتج من التحلل السكري بعد مرورها بسلسلة نقل الالكترونات .

24ATP (2 × 12 ATP)

من دورتي كريبس

ويصبح المجموع

(ATP 38)



مخطط (1-1) يبين مراحل عملية التنفس الخلوي .

2 . عمليات البناء : تثبيت ثنائي اوكسيد الكاربون .

يعد ثنائي اوكسيد الكاربون (CO_2) احد النواتج الرئيسة لعمليات التنفس الهوائي واللاهوائي ومع ان عمليات التنفس تمثل عمليات هدم الا انه ينشأ عنها قدر من الطاقة الكيميائية تخزن بشكل (ATP) والتي تستغل في الكثير من العمليات الهامة التي يقوم بها الكائن الحي مثل حركة العضلات واللواحق الجسمية والتي تمثل عمليات ميكانيكية وكذلك تكوين المواد الحيوية المعقدة وهي عمليات كيميائية . تستطيع النباتات تثبيت ثنائي اوكسيد الكاربون على شكل مواد عضوية بوجود الطاقة الشمسية ، فمن المعروف ان النباتات تمتص ثنائي اوكسيد الكاربون بوجود الماء وباستغلال الطاقة الشمسية لتكوين مواد كربوهيدراتية ويطلق على هذا التفاعل تثبيت او اختزال ثنائي اوكسيد الكاربون وهذا التفاعل يؤدي الى تكوين جميع الجزيئات العضوية المعقدة ، لذا تعد هذه العملية عملية بناء للمواد العضوية .

1-7. انقسام الخلية (Cell Division)

يعد انقسام الخلية من العمليات المعقدة والتي تهدف الى مضاعفة المادة الوراثية كمياً مع ضمان توزيعها بشكل متجانس بين الخليتين الناتجتين من الانقسام . تحصل في الخلية ثلاثة انواع من الانقسام وهي :

1 - 7 - 1 . الانقسام المباشر او اللاخيطي (Amitosis) .

في هذا النوع من الانقسام الخلوي تنقسم الخلايا دون حصول تغيرات نووية وسايتوبلازمية واضحة ذلك بتخصر النواة او المادة النووية والسايتوبلازم ومن ثم انقسامهما وتكوين خليتين تحوي كل منهما على جزء من النواة الاصلية او المادة النووية وجزء من السايتوبلازم الاصلي ، يحصل مثل هذا الانقسام في البكتيريا والطحالب الخضر المزرقة .

1 - 7 - 2 . الانقسام غير المباشر او الخيطي (Mitosis) .

يعرف الانقسام الخيطي بانه « عملية انقسام النواة بصورة تضمن تسلم كل من الخليتين البنويتين الجديدتين نفس العدد ونفس النوعية من الكروموسومات الموجودة اصلاً في الخلية الام » .

يتطلب الانقسام الخيطي تضاعفاً لكل كروموسوم ليتكون كروموسومان متماثلين ومتجاورين اذ يظهران وكانهما كروموسوم واحد . وعند بدء عملية انقسام الخلية يتباعد الكروموسومان احدهما عن الآخر ويظهران منفصلين في الاطوار المتقدمة . يعقب انقسام النواة الانقسام السايتوبلازمي (Cytokinesis) . ولنأخذ مثلاً خلية من خلايا جسم الانسان فسنجد انها تحتوي (46) كروموسوماً تتضاعف قبل الانقسام فتصبح (92) كروماتيداً وعندما تتم عملية الانقسام يذهب (46) منها الى خلية و (46) الباقية الى الخلية الثانية

ليتشكل منها كروموسومات الخلايا الجديدة ، وتستمر هذه العملية في كل مرة .تتم عملية انقسام الخلية من خلال أربع اطوار يسبقها طوراً بيني (Interphase) : تمر الخلية بهذا الطور قبل بدء عملية انقسام الخلية ، و يلاحظ فيه ان نواة الخلية تكون كبيرة بالمقارنة مع الانوية في الخلايا المنقسمة وتقوم الخلية في هذا الطور بتخليق جزيئات كبيرة من الاحماض النووية والبروتينات كخطوة تحضيرية لعملية الانقسام واهم مايتميزبه هذا الطور هو تضاعف جزيئات الحامض النووي الرايبي ناقص الاوكسجين (DNA) ، كما يتضاعف **الجسيم المركزي في هذا الطور** (شكل 1-23).

أما الاطوار الاربعة التي تلي الطور البيني فهي :

الطور الاول : التمهيدي (Prophase) .

تتميز في هذا الطور الشبكة الكروماتينية الى عدد من الكروموسومات التي تبدو كثيفة **وتتميز** الى جزئين **متماثلين** تماماً (كروماتيدين)(Chromatids) ويرتبط هذان الكروماتيدان الشقيقان مع بعضهما عند منطقة جزئيها المركزيين (Centromeres) واللذان سيكّونان الكروموسومات البنوية .

يتباعد **الجسيمان** المركزيان اللذان سبق وان تكونا في الطور البيني ويتجهان في اتجاهين متعاكسين نحو قطبي الخلية ، وتمتد من كل منهما خيوط شعاعية (النجم) وتتكون بينهما خيوط المغزل (Spindle) تختفي النوية والغشاء النووي في مرحلة متأخرة من هذا الطور (شكل 1 - 23) .

الطور الثاني : الاستوائي (Metaphase) .

تنكمش وتتغلظ الكروموسومات في هذا الطور وتأخذ موقعاً عند خط استواء المغزل وتتعلق الكروموسومات بخيوط المغزل حيث يتعلق كل كرموسوم بخيط من خيوط المغزل بوساطة الجزء المركزي (Centromere) (شكل 1 - 23) .

الطور الثالث : الانفصالي (Anaphase) .

تنفصل في هذا الطور الكرو موسومات البنوية الناتجة عن الكروماتيدات الشقيقة في الطور التمهيدي بعضها عن بعض بأتجاه القطبين المتعاكسين للخلية (الشكل 1-23) . لاتعرف ميكانيكية حركة الكروموسومات نحو القطبين المتعاكسين في الخلية لحد الان بشكل دقيق ولكن هناك نظريات تقترح تفسيراً لذلك وهي :

آ- يعتقد ان خيوط المغزل تتقلص بوجود ATP وتسحب الكروموسومات نحو القطبين .

ب- يعتقد ان خيوط المغزل تعمل بوضعها طريقاً تنزلق عليه الكروموسومات متجه نحو القطبين

الطور الرابع : النهائي (Telophase) .

يبدأ الطور النهائي عند اكتمال وصول الكروموسومات الى قطبي الخلية المتعاكسين ، وتعود الكروموسومات الى شكلها السابق الخيطي الدقيق حيث تبدو بشكل خيوط كروماتينية دقيقة (تتكون الشبكة الكروماتينية) وتتكون النوية او النويات الجديدة .

و يتكون الغشاء النووي . ويختفي المغزل ، وهكذا ينتهي انقسام النواة .

يعقب انقسام النواة الانقسام السايتوبلازمي (Cytokinesis) شكل (1 - 23) .

تظهر الخلية الحيوانية اختلافاً في الانقسام السايتوبلازمي مقارنة بالخلية النباتية ، ففي الخلية الحيوانية يحدث تخصر في غشاء الخلية قرب منطقة خط استواء الخلية وبمرور الوقت يزداد هذا التخصر تدريجياً الى ان تنقسم الخلية الى خليتين جديدتين تحوي كل منهما على نواة، اما في الخلية النباتية فأن الانقسام السايتوبلازمي يبدأ بتكوين الصفيحة الخلوية (Cell Plate) .

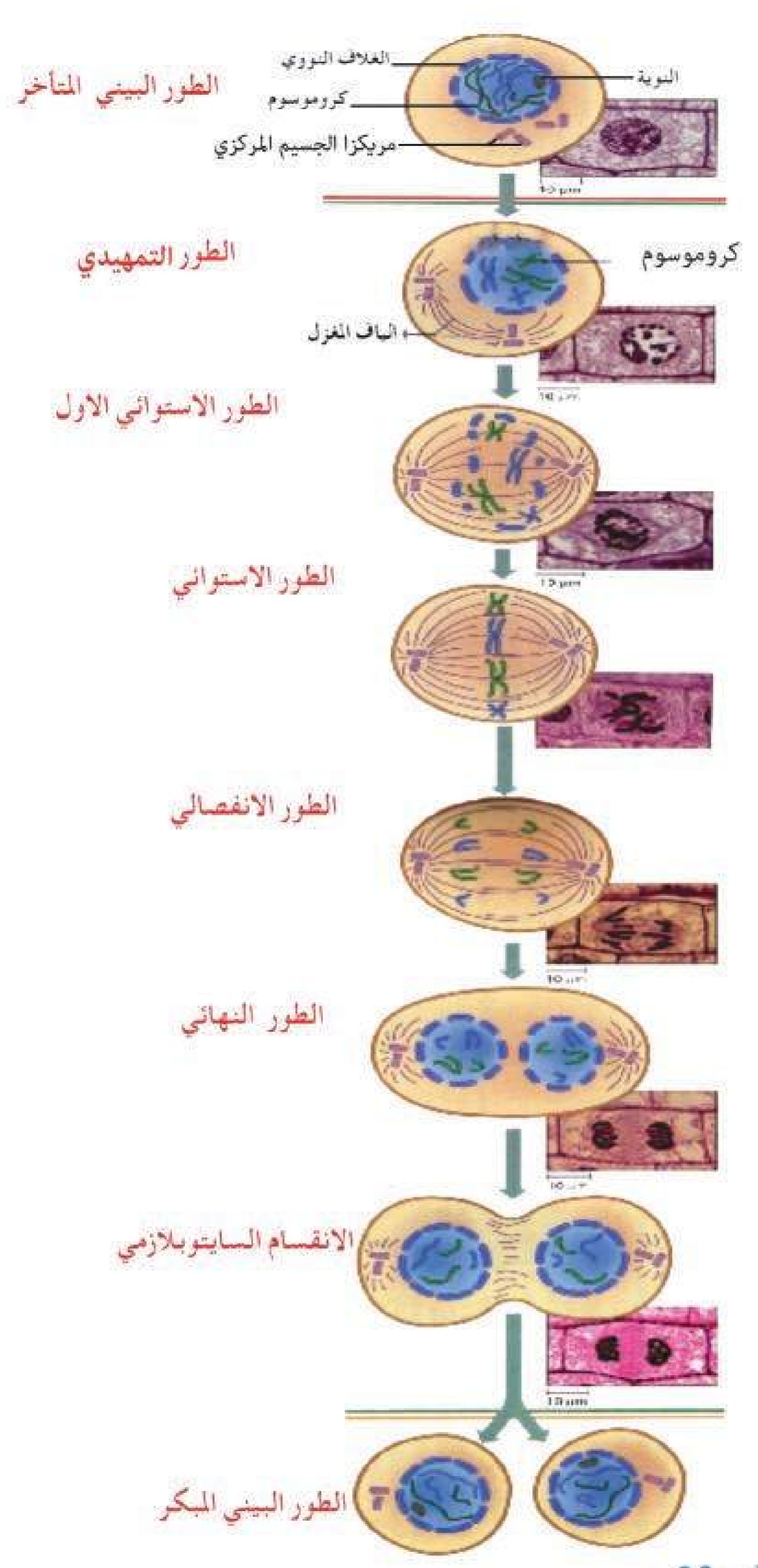
في منطقة خط استواء الخلية تفرز من قبل بروتوبلاست الخلية ، ثم تبدا كل خلية جديدة بتكوين جدارها الخلوي من جهتها ، وتكتمل العملية بالانفصال لتتكون خليتين جديدتين .

ولابد من الاشارة الى ان المدة التي يستغرقها الانقسام الخلوي تتباين تبعاً لنوع الخلية او النسيج وعمر الكائن الحي ، كما ان كل طور من اطوار الانقسام له مدة زمنية تختلف عن اطوار الانقسام الاخرى وهذا يتبع الاحداث التي تحصل في كل طور .

لقد وجد عند دراسة اطوار الانقسام في خلايا بشرية تحت المجهر ان الطور التمهيدي يستغرق (30- 60) دقيقة بينما يستغرق الطور الاستوائي (2 - 6) دقيقة ويستغرق الطور الانفصالي (3 - 15) دقيقة والطور النهائي (30 - 60) دقيقة ، كما لوحظ ان مدة انقسام الخلية في النسيج العصبي (خلية عصبية او عصبونة) تستغرق حوالي (30) دقيقة خلال الادوار الجنينية في حين يصبح الانقسام نادراً عند البلوغ كنتيجة لتخصص الخلايا العصبية بصورة نهائية .

1 - 7 - 3 . الانقسام الاختزالي (Meiosis) .

تهدف عملية الانقسام الاختزالي الى الحفاظ على عدد ثابت من الكروموسومات لافراد الانواع المختلفة من الاحياء ، خلال عملية تعاقب الاجيال الذي يتم خلاله تكوين الامشاج (Gametes) كالبيوض (Eggs) والنطف (Sperms) في الحيوانات والابواغ (Spores) في بعض النباتات . والانقسام الاختزالي عبارة عن انقسامين متعاقبين للخلية ويتم خلال الانقسام الاختزالي اختزال عدد الكروموسومات الى نصف العدد الكامل لكروموسومات الخلايا الجسمية ، ولذلك نجد ان الامشاج تحتوي نصف عدد الكروموسومات الموجود في الخلايا الجسمية ، وعند التحام نواتين لخليتين او مشيجين لتكوين اول خلية جنينية فأن الاخيرة تحوي عدد كامل من الكروموسومات .



شكل (1 - 23) .

اطوار الانقسام الخيطي في الخلية .

تتم عملية الانقسام الاختزالي من خلال انقسامين نوويين متعاقبين ، اذ يتم خلال الانقسام الاول فصل الكروموسومات المتماثلة عن بعضها البعض ولهذا الانقسام اربعة اطوار هي :

- الطور التمهيدي الاول (Prophase 1) .
- الطور الاستوائي الاول (Metaphase 1) .
- الطور الانفصالي الاول (Anaphase 1) .
- الطور النهائي الاول (Telophase 1) .

اما الانقسام الثاني فيتم فيه فصل كروماتيدي الكروموسوم وينتقل كل كروماتيد الى قطب من اقطاب الخلية ، والانقسام الثاني وكما هو الحال في الانقسام الاول يتم باطوار متعاقبة هي :

- الطور التمهيدي الثاني (Prophase 2) .
- الطور الاستوائي الثاني (Metaphase 2) .
- الطور الانفصالي الثاني (Anaphase 2) .
- الطور النهائي الثاني (Telophase 2) (لاحظ الشكل 1 - 24) .

فيما يلي عرض لما يحدث في كل من الانقسامين .

أولاً - الانقسام الاختزالي الاول

(أ) الطور التمهيدي الاول (Prophase 1) .

يمتاز هذا الطور الانقسامي بكونه بطيء حيث يتضمن خمسة ادوار ذات ميزات خاصة بها وهي :

- الدور القلادي (Leptotene) .

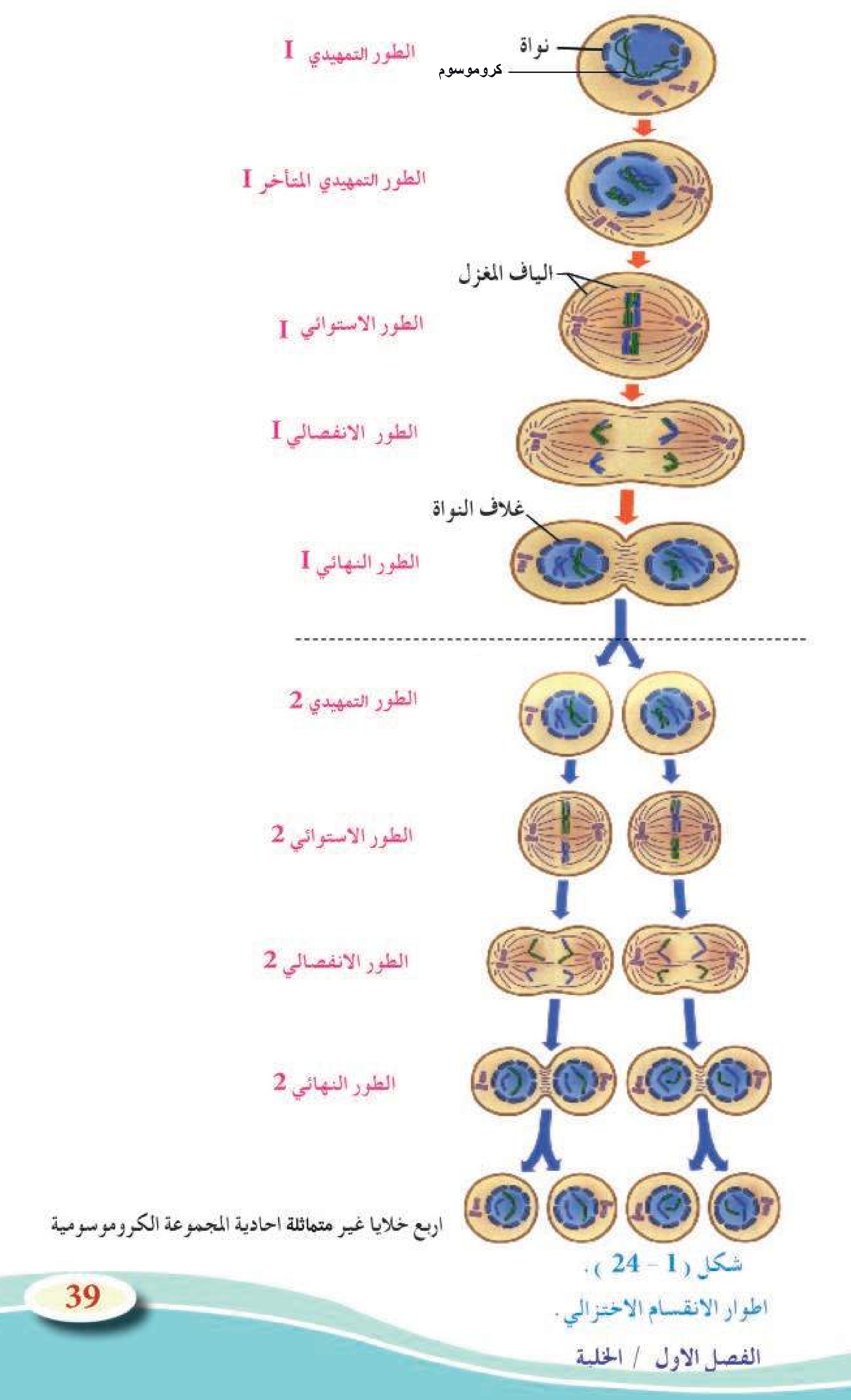
تكون الكروموسومات في هذا الدور بشكل خيوط طويلة نحيفة مفردة ذات تثخنات شبيهة بالفصوص او الخرز مما يضفي على الكروموسومات شكل القلادة ، ويكون ال **DNA** متضاعفاً في كل كروموسوم .

- الدور الازدواجي (Zygotene) .

تتراصف الكروموسومات المتماثلة في هذا الدور وتزدوج، وبعد ازدواجها يلتوي بعضها على البعض الآخر وتدعى العملية بالأيثاق او التشابك (Synapsis) ويسمى الكروموسومان المزدوجان بالثنائي (Bivalent) ، وهذه العملية تشكل صفة مميزة للانقسام الاختزالي اذ لاتحدث في الانقسام الخيطي (الاعتيادي) .

- الدور التغلظي (Pachytene) .

يزداد في هذا الدور تكثف الكروموسومات وتغلظها ويقل طولها. ويظهر في هذا الدور تضاعف كل كروموسوم الى كروماتيدين واضحين ، يرتبطان فيما بينهما بوساطة جزئيهما المركزيين (Centromeres)



شكل (1 - 24).
اطوار الانقسام الاختزالي.

ويطلق على كل كروماتيدين يكونا نفس الكرموسوم بالشقيقين (**Sister Chromatides**)

يظهر في هذا الدور كل زوج من الكروموسومات المتماثلة مكوناً من حزمة مؤلفة من اربعة كروماتيدات ، وتدعى هذه الحزمة بالرباعي (**Tetrad**) ، ولناخذ مثلاً خلية الانسان نجدها تحوي في هذا الدور (**23**) رباعياً اي (**92**) كروماتيد كمجموع كلي ويحصل في هذا الدور تبادل في مواقع الموروثات بين الكروموسومين المتماثلين وتدعى عملية التبادل هذه بالتعابر (**Crossing Over**) .

– الدور الانفراجي (**Diplotene**) .

يبدأ في هذا الدور كل كروموسومين متماثلين الابتعاد عن بعضهما ، ويبقى الكروماتيدان غير الشقيقين مرتبطان بنقطة واحدة او اكثر ، وتدعى نقاط الارتباط بالتصالبات (**Chiasmata**) ويختلف موقع وعدد التصالبات من كروموسوم الى آخر ومن خلية الى اخرى وتتبادل قطع الكروماتيدات غير الشقيقة في كل منطقة تصالب (**Chiasma**) بعضها مع بعض.

– الدور الحركي (**Diakinesis**) .

يمثل هذا الدور آخر ادوار الطور التمهيدي وفيه تزداد الكروموسومات (كروماتيدات الكروموسومات المتماثلة) قصراً وتغلظاً ، تبدأ النوية والغشاء النووي بالانحلال التدريجي وتتحرك مواقع التصالبات باتجاه نهايات الكروموسومات وينتج عن ذلك تناقص في عدد التصالبات .

(ب) الطور الاستوائي الاول (**Metaphase1**) .

تترتب الكروموسومات المتماثلة في هذا الطور على خط استواء الخلية بشكل مجاميع كروموسومية ثنائية وتظهر الاجزاء المركزية (**Centromeres**) ويظهر المغزل باليافه التي يتصل بعضها بالاجزاء المركزية .

(جـ) الطور الانفصالي الاول (**Anaphase1**) .

في هذا الطور ينفصل الكروموسومان المتماثلان عن بعضهما ، ويتحركان باتجاهين متعاكسين باتجاه قطبي الخلية ، ويبقى كروماتيدا كل كروموسوم مرتبطين مع بعض في منطقة جزئيهما المركزيين .

(د) الطور النهائي الاول (**Telophase 1**) .

تتجمع الكروموسومات الجديدة عند القطبين ، وغالباً ما يختفي المغزل في هذا الطور وتبدأ النوية والغلاف او الغشاء النووي بالتكون والذي يحيط بمجموعتي الكروموسومات في قطبي الخلية ، وتكون هذه المجموعة احادية (**Haploid**) (تحوي نصف العدد الكلي من الكروموسومات) يتبع عملية الانقسام النووي الانقسام السايتوبلازمي (**Cytokinesis**) كالذي يحصل في الانقسام الخيطي فيكتمل تكوين الخليتين الجديدتين ، واللتين تكونان مهيئتين للانقسام الاختزالي الثاني .

ثانياً : الانقسام الاختزالي الثاني .

(أ) الطور التمهيدي الثاني (Prophase 2) .

يكون عدد الكروموسومات في كل نواة تشترك في الطور التمهيدي الثاني هو نصف العدد الكامل للكروموسومات وهو بذلك يختلف عن الانقسام الخيطي والذي تكون فيه النواة حاوية على عدد الكروموسومات الكامل .

تكون في هذا الطور الكروماتيدات متباعدة عن بعضها وقد تختلف من حيث تركيبها كنتيجة لعملية العبور التي حصلت في الدور التغلظي (Pachytene) من الطور التمهيدي الاول .

(ب) الطور الاستوائي الثاني (Metaphase2) .

تتخذ في هذا الطور الكروموسومات مواقعها عند مستوى الصفيحة الاستوائية للخلية وهي تظهر متصلة بخيوط المغزل عن طريق اجزائها المركزية .

ويبقى كل كروموسوم مؤلفاً من كروماتيدين ، ويختلف هذا الطور عن الطور الاستوائي الاول من خلال كون الكروموسومات في الاول مرتبة بحزم مكونة من اربعة كروماتيدات ، في حين تتألف في هذا الطور من كروماتيدين .

(حـ) الطور الانفصالي الثاني (Anaphase 2) .

تنفصل كروماتيدات كل كروموسوم عن بعضها من خلال انفصال جزئيهما المركزيين فيصبح كل كروماتيد ممثلاً لكروموسوماً بنوياً مستقلاً يتحرك باتجاه احد قطبي الخلية بوساطة خيوط المغزل .

(ء) الطور النهائي الثاني (Telophase 2) .

تتجمع في هذا الطور الكروموسومات عند قطبي الخلية فتزداد طولاً وتقل سمكاً ، وتظهر المادة الكروماتينية بشكل خيوط دقيقة ، ثم يظهر الغشاء النووي والنويات لتتكون نواتان جديدتان من نواة واحدة اصلية .

وفي بعض الخلايا النباتية تتكون الصفيحة الخلوية (Cell Plate) عبر المغزل ثم تتكون الصفيحة الوسطى (Middle Lamella) ثم جدار الخلية (Cell Wall) ، اما في الخلايا الحيوانية فيتكون الغشاء البلازمي بين النواتين الجديدتين ليفصلهما عن بعضهما .

انتهاء الانقسام الاختزالي الاول والثاني تكون المحصلة النهائية تكوين اربع خلايا احادية المجموعة الكروموسومية (س) .

يحدث الانقسام الاختزالي في الخصى (**Testes**) وفي المبايض (**Ovaries**) عند تكوين الامشاج في الحيوان ، وفي تكوين البيوض وحبوب اللقاح في النبات مع وجود بعض الاختلافات في التفاصيل والتي سنتناولها في فصل لاحق من هذا الكتاب (الفصل الخاص بالتكاثر والتكوين الجنيني) .

بعد ان تعرفت عزيزي الطالب على ادوار الانقسام الخيطي والاختزالي تعرف على مقارنة بينهما من خلال الجدول (1 - 3) .

جدول (1 - 3) . مقارنة بين الانقسام الخيطي والاختزالي .

الانقسام الخيطي .	الانقسام الاختزالي .
- انقسام واحد .	- انقسامين .
- تتكون خليتين متماثلتين من كل انقسام .	- تتكون اربع خلايا غير متماثلة من كل انقسام .
- الخلايا المتكونة متماثلة وراثياً .	- الخلايا مختلفة وراثياً .
- عدد الكروموسومات في الخليتين المتكونتين يماثل عددها في الخلية الام .	- عدد الكروموسومات في الخلايا المتكونة نصف العدد الموجود في الخلية الام .
- يحصل الانقسام في الخلايا الجسمية .	- يحصل الانقسام في الخلايا الجرثومية .
- يحصل الانقسام خلال دورة الحياة بشكل مستمر .	- يحصل بعد النضج الجنسي فقط .
- يشارك هذا الانقسام في النمو واصلاح التلف في الخلايا والتكاثر اللاجنسي .	- يشارك في التكاثر الجنسي ونقل المادة الوراثية من الاباء الى الابناء.

أسئلة الفصل الاول

السؤال الاول :

اكتب المصطلح العلمي الذي يدل على كل عبارة مما يأتي :

1 - .... سائل هلامي عديم اللون يملأ النواة .

2 - .... تركيب كروي داخل النواة ، يتكون من البروتين والحامض النووي الرايبي **RNA**.

3 - .... حركة جزيئات الماء خلال غشاء اختياري النفاذية تبعاً لاختلاف التركيز .

4 - .... عملية تحرير بعض المواد من داخل الخلية الى خارجها .

5 - ....عضيات تشكل مراكز لتحول سكر الكلوكوز الى سكريات متعددة .

6 - .... تركيب يقع عند قاعدة الهدب او السوط في الخلايا التي تحوي اهداباً او اسواطاً .

7 - .... مادة سائلة شفافة تملأ الفسح الداخلية للبلاستيدة.

8 - .... مادة معقدة تمثل مكون اساسي من مكونات الخلية تقع بين الغشاء البلازمي والنواة.

9 - .... الطريقة التي تلتهم بها خلايا الدم البيض بقايا الخلايا والجراثيم التي توجد في الدم .

10 - .... مجموع التحولات الكيميائية التي تحدث في الخلية بمساعدة الانزيمات في الخلية .

11 - .... عملية انقسام الخلية دون حصول تغيرات نووية وسايتوبلازمية واضحة .

السؤال الثاني :

فسر الحقائق العلمية التالية :

1 - يوجد عدد كبير من المايتوكوندريا في العضلات .

2 - وجود الاجسام الحالة في خلايا الدم البيض العدلة .

3 – للجسيم المركزي دور هام في عملية انقسام الخلية .

4 – وجود انزيمات معينة في البلاستيدات الخضر يسهل القيام بعملية البناء الضوئي .

5 – الخلية النباتية تحت المجهر تكون واضحة الحدود.

6 – توصف الخلية الحيوانية التي تظهر فيها جميع العضيات بانها خلية افتراضية .

7 – وجود الاعراف في المايتوكوندريا .

8 – الوظيفة الرئيسية للمايتوكوندريا هي التنفس الخلوي .

9 – تظهر نوى الخلايا تبايناً في اشكالها .

10 – تمتص الخلايا احياناً بعض المواد من محيطها الخارجي بالرغم من ان تراكيز تلك المواد داخل الخلية اعلى منها في الخارج .

11 – تُعد عملية تثبيت ثنائي اوكسيد الكاربون عملية بناء للمواد العضوية .

السؤال الثالث :

اكتب داخل القوسين الحرف الذي يشير الى الجواب الصحيح :

( ) 1 – اول عالم استخدم كلمة "خلية" هو :

ا. فان ليفنهوك . ب. روبرت هوك .

ج. روبرت براون . د . ثيودورشوان .

( ) 2 – العالمان اللذان استندت النظرية الخلوية الى اعمالهما هما :

ا. ماثياس شلادين و روبرت هوك . ب. روبرت براون وثيودور شوان.

ج. ثيودور شوان و روبرت هوك . د. ماثياس شلادين وثيودور شوان .

( ) 3 – واحدة من الاختيارات ادناه ليست من وظائف الشبكة البلازمية الداخلية .

ا. تغليف البروتين . ب. توصيل المواد بين اجزاء الخلية .

ج. انتاج بعض انواع الدهون. د. تخزين المواد البروتينية والدهنية.

( ) 4 – يطلق اسم الدكتيوسوم على جهاز كولجي الموجود في :

ا. الخلية الحيوانية . ب. الخلية البكتيرية .

ج. الخلية النباتية . د . الخلية اللمفاوية .

( ) 5 – تتخذ النواة في الخلايا الجنينية موقعاً :

ا. مركزياً . ب. جانبياً.

ج . محيطياً . د . سطحياً .

(   ) **6** ـ يطلق على حركة الايونات والجزيئات خلال وسط معين من المناطق ذات التركيز العالي الى المناطق ذات التركيز الواطئ تسمية :

ا. التناضح . ب. الانتشار .

ج. النفوذية . د . البلعمة .

(   ) **7** – العضيات التي تؤدي دوراً هاماً في عملية التحول الشكلي في الحيوانات هي :

ا. **الجسيمات** المركزية . ب. المايتوكوندريا .

ج. الفجوات . د. **الجسيمات** الحالة .

(   ) **8** – واحد مما يلي ليس من مميزات الفجوات الخلوية :

ا. اكثر وضوحاً في الخلايا النباتية . ب. صغيرة في الخلايا الفتية .

ج. لها دور مهم في حركة الاهداب والاسواط . د. تحتوي على العصير الخلوي.

(   ) **9** – يكون شكل نواة خلية الدم البيضاء :

ا. كروي . ب. بيضوي .

ج. مفصص . د . غير منتظم .

(   ) **10** – عدد النويات التي تحتويها نواة خلية البصل هو :

ا. خمس . ب. اربع .

ج . ثلاث . د . اثنان .

(   ) **11** – تكوين البروتينات في سايتوبلازم الخلية بواسطة :

ا. المايتوكوندريا . ب. الرايبوسومات .

ج . جهاز كولجي . د. الجسيمات الحالة .

(   ) **12** – يبلغ عدد الكروموسومات في الخلايا الجنسية للفراشة الاسبانية :

ا . **415** . ب . **154**.

ج. **190**. د. **69**.

(   ) **13** – الطريقة الشائعة للتغذية في الاميبا هي :

ا.الشرب الخلوي . ب. النقل الفعال .

ج. البلعمة . د. البلزمة .

السؤال الرابع :

اكمل العبارات التالية :

1 - يعزى التغير في شكل بعض الخلايا الى ....

2 - تحدد المكونات الرئيسية للخلية حقيقية النواة بالآتي :

ا. .... ب. ....ج. ....

3 - **تسمى** الشبكة البلازمية الداخلية التي تفتقر لوجود الرايبوسومات بأسم ....

4 - هناك حالات تكون فيها الخلايا ثنائية الانوية كما هو الحال في ....

و.......................... و.........................

5- يوجد داخل الغشاء الذي يحيط بالبلاستيدة تركيبان مهمان هما .... و............

6- يتألف جدار الخلية من ثلاث طبقات هي ....و...............

و...............

7- يتكون جهاز كولجي من ثلاث ردهات هي ....

8 - تحتوي الجسيمات الحالة على اعداد كبيرة من الانزيمات المحللة تكون مسؤولة عن.........

9 - يتضمن الايض الخلوي عملية .... التي يتم فيها ....

........وعملية .... التي عن طريقها ....

السؤال الخامس :

1 - رتب العلماء المدرجة اسماؤهم ادناه حسب اسبقية اكتشافاتهم في مجال علم الخلية:

(روبرت هوك ، ماثياس شلايدن ، ثيودور شوان ، فان ليفنهوك ، روبرت براون)

1. ....**2**.........................**3**. ....

4. .... **5**. ....

2 – اكمل العمودين الثاني والثالث في الجدول التالي بذكر تركيب ووظيفة كل من العضيات المدرجة في العمود الاول :

العضيات	التركيب	الوظيفة
الشبكة البلازمية الداخلية		
جهاز كولجي		
المايتوكوندريا		
البلاستيدة الخضراء		
الجسيمات الحالة		
الغشاء البلازمي		

3 – قارن بين :

- الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة والشبكة البلازمية الداخلية الملساء .
- الاغشية شبه النفاذة والاغشية إختيارية النفوذية .
- الجسيم المركزي والجسيم الحركي.
- الطور النهائي الاول والطور النهائي الثاني في الانقسام الاختزالي .

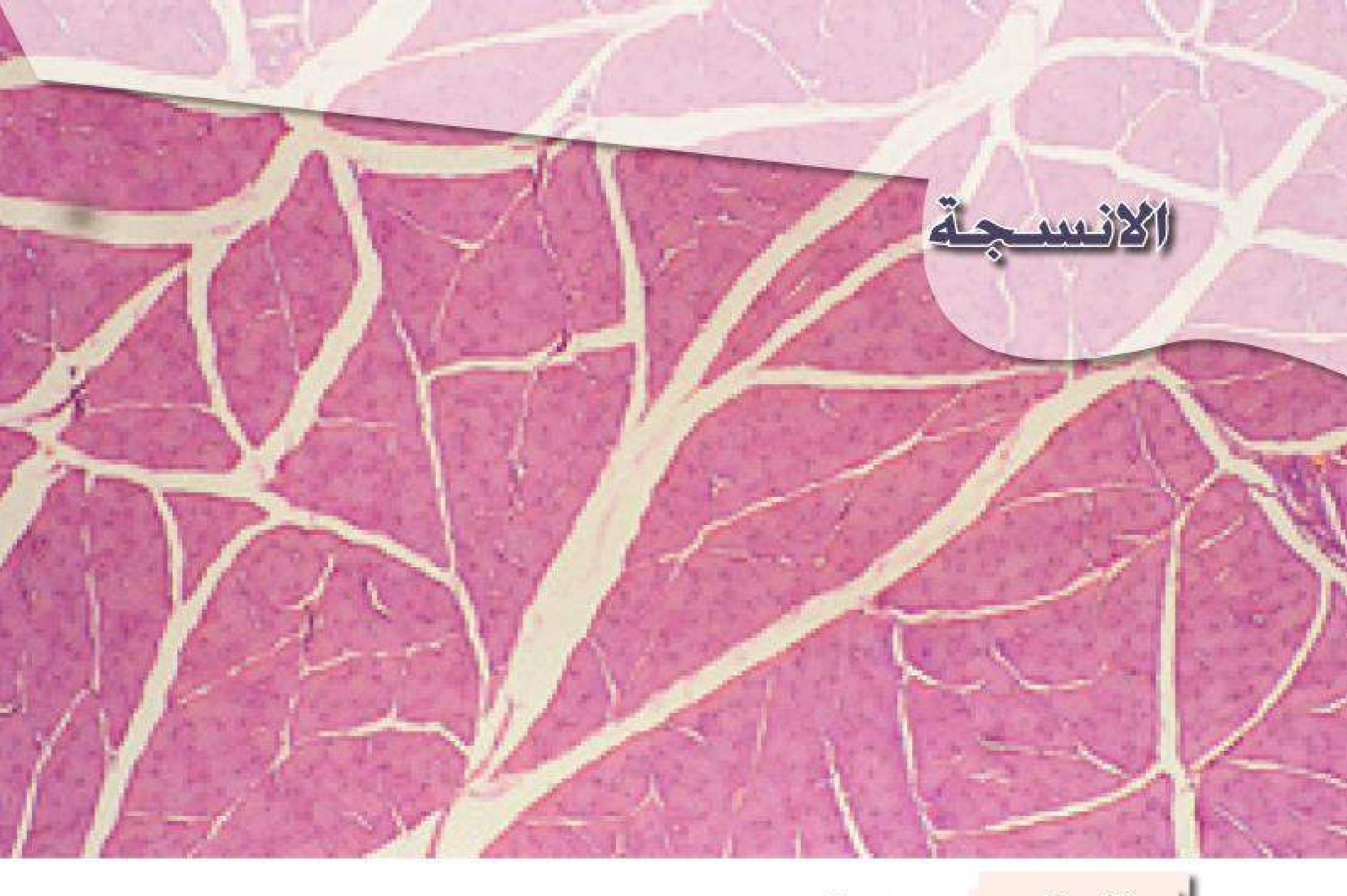
الفصل الثاني
الانسجة

محتويات الفصل

النواتج التعليمية :

بعد الانتهاء من دراسة الفصل الثاني نأمل من الطالب ان يكون قادراً على ان :

1. يبين مفهوم كل من النسيج النباتي والحيواني .
2. يوضح اسس تصنيف او تقسيم الانسجة النباتية .
3. يعرف النسيج المستديم في النبات ويبين اهميته .
4. يعرف النسيج المرستيمي في النبات ويبين انواعه ومواقع وجوده ووظيفة كل نوع .
5. يعدد انواع الانسجة المستديمة في النباتات ويقارن بينها .
6. يعرف الخلايا البرنكيمية والكولنكيمية والسكلرنكيمية .
7. يعرف النسيج الوعائي في النبات ويبين انواعه .
8. يقارن بين نسيج الخشب ونسيج اللحاء من حيث التركيب والوظيفة .
9. يصنف النسيج الظهاري تبعا لمكوناته الخلوية .
10. يعدد انواع الانسجة الاساسية في اجسام الحيوانات ويعرف كل منها .
11. يصنف النسيج الظهاري البسيط تبعا لشكل الخلايا المكونة له ويبين موقع ووظيفة كل نوع .
12. يصنف النسيج الظهاري المطبق تبعا لشكل الخلايا السطحية فيه ويبين موقع وجود كل نوع ووظيفته .
13. يعرف النسيج الضام (الرابط) ويبين مميزاته .
14. يعدد خلايا النسيج الضام الشائعة ويبين صفات كل منها .
15. يوضح صفات الياف النسيج الضام المختلفة .
16. يصنف النسيج الضام الى انواع رئيسية وثانوية .
17. يعرف مفهوم المادة بين الخلوية ويبين صفاتها في النسج الضامة المختلفة .
18. يقارن بين النسيج الضام الاصيل والمتخصص .
19. يبين لماذا يعد الغضروف والعظم والدم انسجة ضامة .
20. يعرف النسيج العضلي .
21. يقارن بين انواع العضلات .
22. يعرف النسيج العصبي ويبين مكوناته .



2-1. مقدمة

تختلف الكائنات الحية في تكوينها، حيث يتكون بعضها من خلية واحدة كالبكتيريا و الاميبا واليوغلينا وبعض انواع الطحالب والفطريات غيرها وعندئذ تسمى بالكائنات وحيدة الخلية . كما توجد كائنات حية تتركب اجسامها من العديد من الخلايا المتخصصة التي تعمل متصلة بشكل انسجة وظيفية ضمن الاعضاء ، وتعمل هذه الانسجة بعضها مع بعض في تناسق تام على بناء الكائن الحي . وقد تتنوع خلايا النسيج في بعض الاحيان ، كما انه قد تتكون في بعض الانسجة كميات كبيرة من المواد بين الخلوية .

يمكن تعريف النسيج (Tissue) بانه مجموعة من الخلايا المتماثلة بالاضافة الى نواتج خلوية معينة تخصصت لاداء وظيفة معينة. ويعرف العلم الذي يهتم بدراسة الانسجة بعلم الانسجة (Histology).

2-2. الانسجة النباتية (Plant Tissues)

الانسجة النباتية هي مجموعة من الخلايا تظهر تباينا في الشكل والحجم مقترنة مع بعضها لانجاز وظيفة معينة

يتكون جسم النبات في النباتات الاولية من خلية واحدة كما هو الحال في بعض انواع الطحالب ، وهذه الخلية لها المقدرة على القيام بمختلف الوظائف الحيوية من تغذية وتنفس وتكاثر ... الخ ، اما النباتات الراقية فأن أجسامها تتكون من عدد كبير من الخلايا متباينة الانواع التي تؤلف مجموعة من الانسجة المختلفة تؤدي وظائف النبات المختلفة .

2 - 2 - 1 . نشأة الانسجة النباتية وتوزيعها .

تتكون الانسجة المختلفة التي تبني اعضاء النبات من خلايا او انسجة مرستيمية (انشائية) تستقر عادة في القمم النامية للساق والجذر في النباتات الراقية حيث تسمى بالانسجة المرستيمية القمية (Apical Meristematic Tissues) كما توجد انسجة مرستيمية في اماكن اخرى من جسم النبات مثل قواعد وقمم السلاميات والجزء القاعدي من نصل الورقة وهذه تعرف بالانسجة المرستيمية البينية (Intercalary Meristematic Tissues) كما توجد بموازة المحور الطولي للنبات انسجة مرستيمية تسمى بالانسجة المرستيمية الجانبية (Lateral Meristematic Tissues) . والانسجة المرستيمية تتحول تدريجياً الى انسجة مستديمة كما هو الحال في انسجة القمم النامية والبراعم القمية او الطرفية في النباتات وعادة لايحدث تحول للنسيج المرستيمي بأكمله بل يبقى جزء مرستيمي دائم التجدد .

2 - 2 - 2 . تصنيف الانسجة النباتية .

تقسم الانسجة المكونة لجسم النبات الى اربعة انواع رئيسة من الانسجة (شكل 2-1) (جدول 2-1) وهي .

جدول (2-1) . انواع الانسجة الرئيسة في النباتات الراقية (النباتات الزهرية) .

النسيج	الموقع	الوظيفة
1. النسيج المرستيمي (Meristematic Tissue)	في اجزاء النبات ذات النشاط الانقسامي الخلوي العالي .	انقسام الخلايا والنمو .
2. النسيج الاساس (Ground Tissue)	في الجذور والسيقان والاوراق ممثلاً بالقشرة واللب والاشعة اللبية.	يشكل كتل نسيجية داخلية في الجذور والسيقان والاوراق .
3. نسيج البشرة (Epidermis)	يوجد في الطبقة الخارجية لأجزاء النبات المختلفة.	يكون طبقة البشرة التي تتلخص وظائفها في حماية النبات والسيطرة على تبادل الغازات وامتصاص الماء .
4. النسيج الوعائي (Vascular Tissue)	في اجزاء النبات المختلفة التي تحوي الخشب واللحاء .	تشمل نسيجي الخشب واللحاء وتتلخص وظيفتهما في نقل الماء والمواد الغذائية المذابة اضافة الى الخزن والاسناد .

اولاً : النسيج المرستيمي او الانشائي (Meristematic Tissue)

هو النسيج الذي يتميز بقدرة خلاياه على الانقسام المستمر(شكل 2-1) ، ويوجد في اجزاء النبات التي تظهر نشاط انقسامي ويؤدي الى :

- استطالة قمم الجذور والسيقان .
- نمو البراعم .
- تثخن بعض الجذور والسيقان .

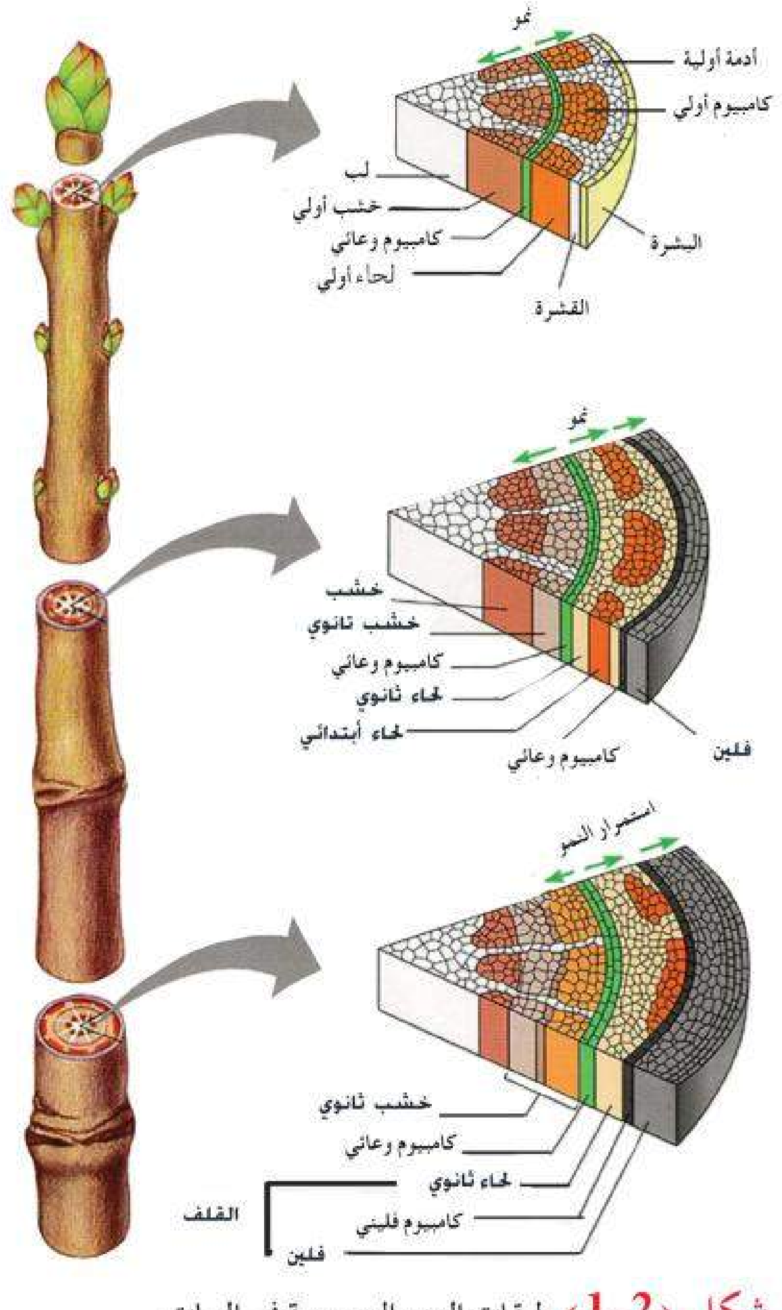
بشكل عام لاتتوقف وظيفة النسيج المرستيمي بالرغم من انها قد تتوقف في اجزاء معينة من النبات .

يتمثل النسيج المرستيمي بثلاثة انواع من الانسجة (جدول 2-2) هي :

- النسيج المرستيمي القمي .
- النسيج المرستيمي الجانبي .
- النسيج المرستيمي البيني .

جدول (2-2) . انواع الانسجة المرستيمية وموقع ووظيفة كل منها .

النسيج	الموقع	الوظيفة
1 . النسيج المرستيمي القمي (Apical Meristematic Tissue)	قمم الجذور والسيقان	النمو في قمم الجذور والسيقان .
2 . النسيج المرستيمي الجانبي (Lateral Meristematic Tissue)	اجزاء النبات البعيدة عن القمم النامية أي على الجانب وبموازة السطح الخارجي للنبات ويشمل نسيجيّ الكمبيوم الوعائي والكمبيوم الفليني .	النمو الثانوي والتثخن في النباتات حيث يكونّ الكمبيوم الوعائي نسيجيّ الخشب واللحاء الثانويين ويكونّ الكمبيوم الفليني نسيج البشرة المحيطة .
3 . النسيج المرستيمي البيني (Intercalary Meristematic Tissue)	بين انسجة النبات المستديمة وبعيداً عن القمم النامية كما في سلاميات الكثير من النباتات ذوات الفلقة الواحدة .	استطالة السلاميات في النبات وهو مسؤول عن اعادة النمو السريع في الاوراق الناضجة.



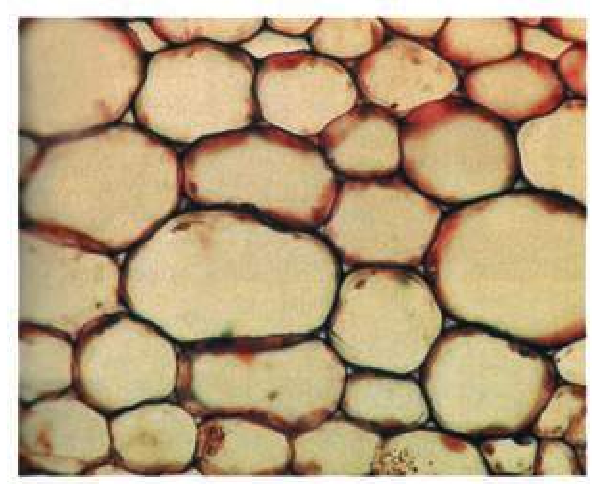
شكل (2-1) طبقات النمو النسيجية في النبات
(للاطلاع)

ثانياً : النسيج الاساس (Ground Tissue) .

وهو النسيج الذي تتمايز خلاياه لتكون الانسجة المستديمة في جسم النبات ، ويشكل كتل نسيجية داخلية في الجذور والسيقان والاوراق ممثلة بالقشرة واللب والاشعة اللبية .

تتميز الانسجة المستديمة في النباتات الى الانواع الاتية :

1 . النسيج البرنكيمي (Parenchyma) :

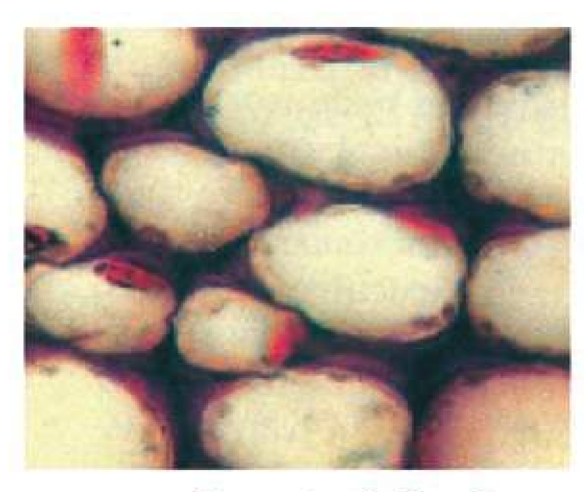


شكل (2-2) . النسيج البرنكيمي (للاطلاع) .

وتكون خلاياه حية رقيقة الجدران وغالباً ماتكون كروية الشكل او مضلعة (شكل 2-2) نتيجة للضغط الواقع عليها من الخلايا المجاورة ويوجد بينها مسافات بينية وفي كل منها فجوة عصارية كبيرة وقد تحوي الخلايا بلاستيدات قد تكون خضر وفي هذه الحالة تعرف الخلايا **البرنكيمية** بالخلايا الكلورو**نكيمية** (Chlorenchyma) .

(جدول 2 - 3) تؤدي الخلايا **البرنكيمية** العديد من الوظائف ولعل اهمها التهوية وخزن الغذاء وتوصيله .

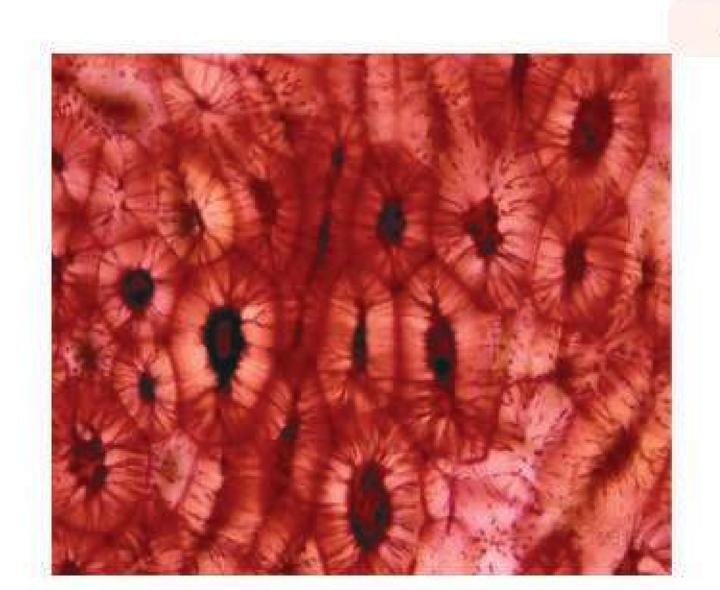
2 . النسيج الكولنكيمي (Collenchyma) :



شكل (2-3) .النسيج الكولنكيمي (للاطلاع) .

تكون خلاياه حية متطاولة وجدرانها متغلظة بشكل غير منتظم (شكل 2-3) . توجد الانسجة الكو**لنكيمية** في الاعضاء والنباتات الخشبية وكذلك الاعضاء البالغة في النباتات العشبية ، وتعد الانسجة الكو**لنكيمية** الانسجة الداعمة الرئيسة في كثير من السيقان والاوراق وخاصة البالغة ، ويندر وجود الخلايا الكو**لنكيمية** في جذور واوراق نباتات ذوات الفلقة الواحدة . (جدول 2-3) . تتمثل الوظيفة الاساسية للنسيج **الكولنكيمي** بالدعم والتقوية ويساعدها في ذلك تغلظ جدران خلاياها وطريقة توزيعها في النبات .

3. النسيج السكلرنكيمي (Sclerenchyma) .



شكل (2-4). النسيج السكلرنكيمي (للاطلاع)

تكون خلاياه ميتة ذات جدران مغلظة لاحتوائها على الخشبين او اللكنين . تختلف الخلايا السكلرنكيمية فيمابينها اختلافاً كبيراً من حيث الشكل والاصل والتركيب وطريقة التكوين (شكل 2-4)

تتلخص وظيفة النسيج السكلرنكيمي الاساسية بالدعم والتقوية .

يوجد نوعان من الخلايا السكلرنكيمية هي :

أ- الالياف (Fibers) ، تكون طويلة ومدببة النهايات وهي توجد منفردة او بشكل حزم في اجزاء النبات التي تحتاج الى تقوية .

ب- الخلايا الصخرية (الحجرية) (Sclereids) ، تكون بشكل خلايا قصيرة توجد في بعض الثمار مثل الكمثرى .

ثالثاً : نسيج البشرة (Epidermis) .

هو النسيج الذي يغطي النبات ، ويكون نسيج البشرة المستديمة ، حيث تتكون البشرة عادة من صف واحد من الخلايا المتثخنة التي تغطي جسم النبات الاولي . وتكون خلايا البشرة مسطحة ومتراصة حيث تنعدم المسافات البينية . تتلخص وظيفة نسيج البشرة بالحماية والسيطرة على تبادل الغازات (من خلال ازواج من الخلايا الحارسة) وامتصاص الماء (جدول 2-3).

رابعاً : النسيج الوعائي (Vascular Tissue) .

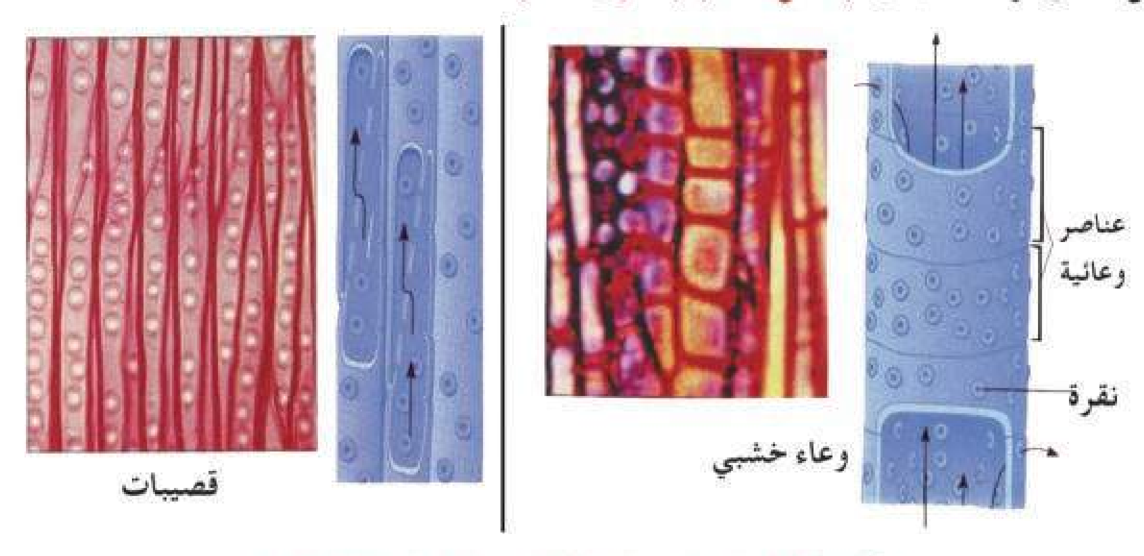
تتخصص الانسجة الوعائية بالعمل على نقل الماء والغذاء داخل جسم النبات فضلاً عن الاسناد والدعم ، ووجود مثل هذه الانسجة يعد من اهم مميزات معظم النباتات .

تقسم الانسجة الوعائية الى نسيج الخشب ونسيج اللحاء .

1. نسيج الخشب (Xylem Tissue) :

ينشأ نسيج الخشب من خلايا مرستيمية مستطيلة ، وفي اثناء تكوينها تزداد الخلايا المرستيمية زيادة كبيرة في الحجم ، وعند اكتمال نموها تفقد محتوياتها الحية وتصبح خلايا ميتة . يتكون نسيج الخشب من عناصر مختلفة في التركيب والوظيفة هي الاوعية الخشبية (Xylem Vessels) .

والقصيبات (Tracheids) والياف الخشب (Xylem Fibers) وبرنكيما الخشب (Xylem Parenchyma) . تتميز اوعية الخشب الى عدة انواع تتباين فيما بينها تبعاً لطريقة التغلظ فيها ، وتتميز القصيبات بنهاياتها المدببة والتي تميزها عن اوعية الخشب . وتتخصص اوعية الخشب والقصيبات في نقل الماء والمواد المذابة فيه (شكل 2-5) (جدول 2-3) .



شكل (2-5) . القصيبات والاوعية الخشبية (للاطلاع) .

2 - نسيج اللحاء (Phloem Tissue) .

يتكون نسيج اللحاء (شكل 2-6) من انواع عدة من الخلايا هي الانابيب المنخلية (Seive Tubes) والخلايا المرافقة (Companion Cells) والياف اللحاء (Phloem Fibers) وبرنكيما اللحاء (Phloem Parenchyma) ، وجميعها تشترك في كونها تتخصص بنقل المواد الغذائية المنتجة في الورقة ، باستثناء الالياف التي تكون مهمتها الاسناد والتقوية .



شكل (2-6) نسيج اللحاء

جدول (2-3) . انواع الانسجة النباتية وخلاياها ووظائفها .

النسيج	الخلية	الوظيفة
1. النسيج **المرستيمي**.	- خلايا غير **متمايزة**.	- انتاج خلايا جديدة تضيف للنبات طولاً وسمكاً .
2. النسيج الاساس	- خلايا برنكيمية . - خلايا كولنكيمية . - خلايا سكلرنكيمية	- البناء الضوئي، الخزن ،التنفس ،الاسناد .
3. نسيج البشرة	- خلايا البشرة	- الحماية ، تنظيم تبادل الغازات في الساق والاوراق وامتصاص الماء والاملاح المذابة في الجذور .
4 . النسيج الوعائي (الخشب)	- اوعية الخشب . - القصيبات . - برنكيما الخشب . - الالياف .	- نقل الماء و المعادن . - الخزن . - الاسناد والتقوية .
(اللحاء)	- الانابيب المنخلية . - الخلايا المرافقة . - الياف اللحاء . - برنكيما اللحاء .	- نقل الجزيئات العضوية داخل جسم النبات . - نقل الكاربوهيدرات من والى الانابيب المنخلية . - الاسناد .

2-3. الانسجة الحيوانية (Animal Tissues)

كما هو الحال في الانسجة النباتية ، تتكون الانسجة الحيوانية من مجموعة من الخلايا المتماثلة والتي تتخصص لانجاز وظيفة معينة ، وقد تتنوع خلايا النسيج في بعض الاحيان كما تتباين كمية المادة بين الخلوية من نسيج الى آخر فضلاً عن تباينها التركيبي من حيث محتواها الكيميائي .

تتمثل الانسجة الحيوانية بأربعة انواع اساسية هي :

1. النسيج الظهاري (الطلائي) (Epithelial Tissue) .
2. النسيج الضام (الرابط) (Connective Tissue) .
3. النسيج العضلي (Muscular Tissue) .
4. النسيج العصبي (Nervous Tissue) .

1 . النسيج الظهاري (الطلائي) (Epithelial Tissue) .

وهو النسيج الذي يغطي سطح الجسم ويبطن التجاويف الجسمية ويكون الغدد (Glands) ويتميز بصفات عامة منها :

أ يتمثل النسيج الظهاري بصفائح مستمرة من الخلايا مكونة من صف واحد او عدة صفوف .

ب تستقر جميع خلايا النسيج الظهاري على غشاء قاعدي (Basement Membrane)

جـ المادة بين الخلايا للنسيج الظهاري تكاد تكون معدومة ، وحافات الخلايا ترتبط مع بعضها بوساطة روابط خلوية (روابط بلازمية) .

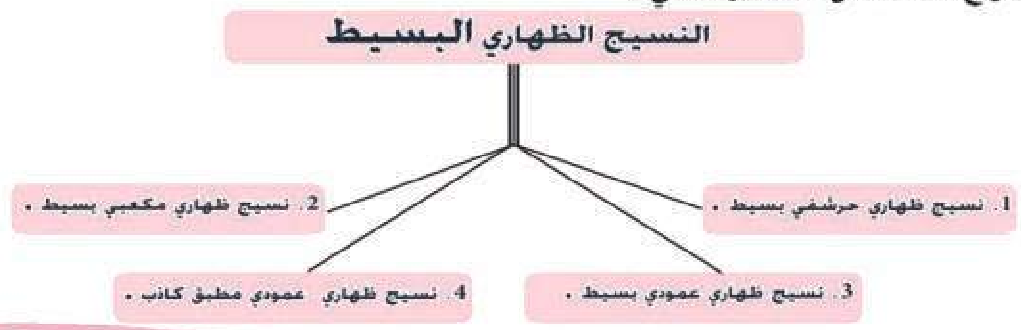
يصنف النسيج الظهاري تبعاً لعدد طبقات الخلايا المكونة له الى :

اولاً : النسيج الظهاري البسيط (Simple Epithelial Tissue) .

ثانياً : النسيج الظهاري المطبق (Stratified Epithelial Tissue) .

أولاً : النسيج الظهاري البسيط .

يتألف النسيج الظهاري البسيط من صف واحد من الخلايا الظهارية التي تستند الى غشاء قاعدي ويصنف الى عدة انواع تبعاً لشكل خلاياه وكالآتي :

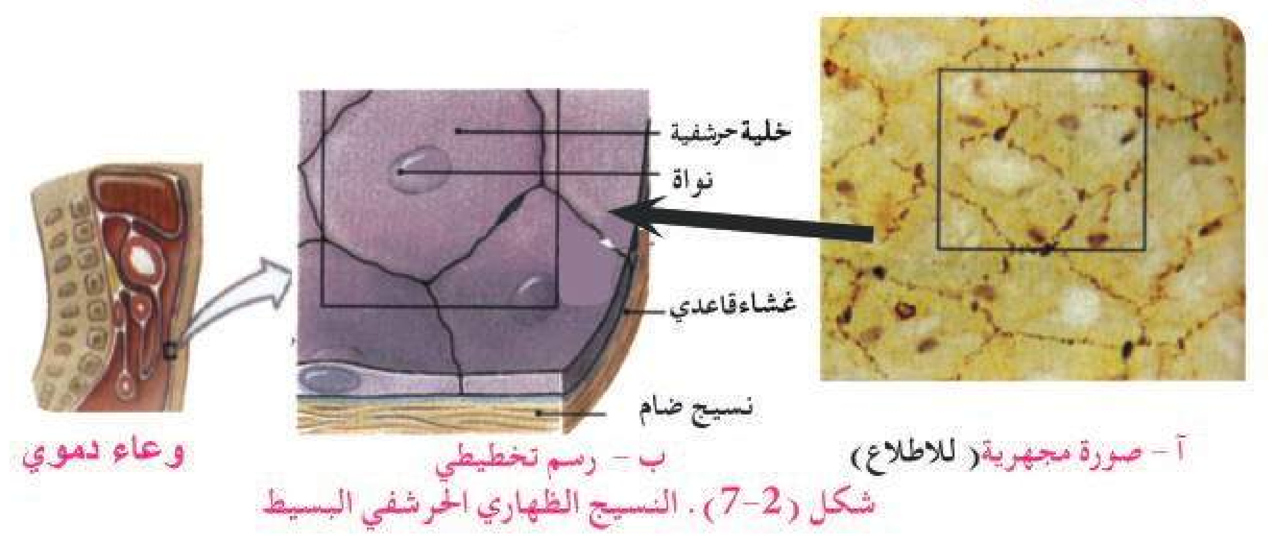


1 .النسيج الظهاري الحرشفي البسيط (Simple Squamous Epithelial Tissue)

أ. يتكون هذا النوع من الانسجة الظهارية من طبقة مفردة من الخلايا المسطحة التي تبدو مضلعة وذات نواة مسطحة مركزية الموقع (شكل 2-7).

ب. يبطن هذا النسيج الاوعية الدموية والتجاويف الجسمية وحويصلات الرئة وجسيمات مالبيجي .

جـ. تنجز خلايا النسيج الحرشفي البسيط وظائف الانتشار (Diffusion) والترشيح(Filteration) (جدول 2-4).



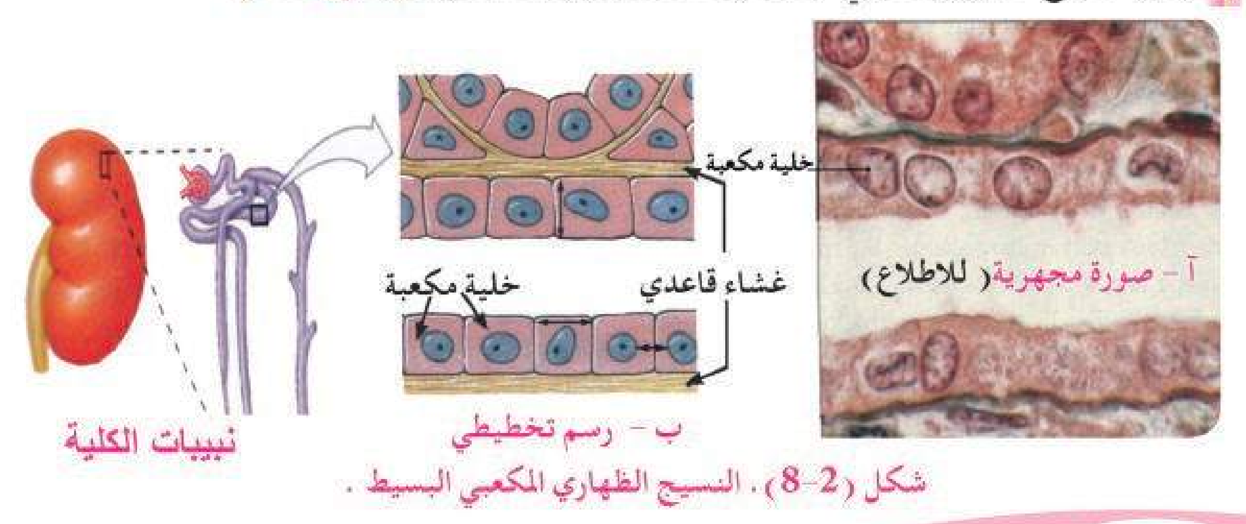
شكل (2-7) . النسيج الظهاري الحرشفي البسيط

2 .النسيج الظهاري المكعبي البسيط (Simple Cuboidal Epithelial Tissue) .

أ. يتكون من طبقة مفردة من الخلايا المكعبة التي تبدو مربعة في مقاطعها ، والنواة فيها كروية مركزية الموقع ، (شكل 2-8) .

ب. يوجد هذا النسيج في بطانة نبيبات الكلية وفي بعض الغدد مثل الغدد اللعابية .

جـ. ينجز النسيج الظهاري المكعبي البسيط وظائف الافراز والامتصاص ، (جدول 2-4) .



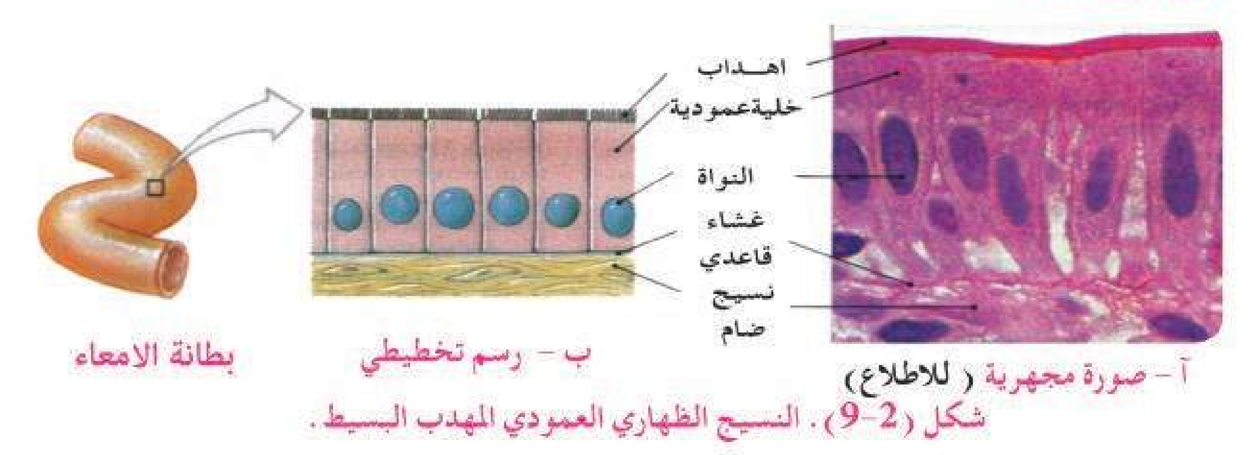
شكل (2-8) . النسيج الظهاري المكعبي البسيط .

3. النسيج الظهاري العمودي البسيط (Simple Columnar Epithelial Tissue)

أ. تكون خلايا هذا النسيج بشكل اعمدة طويلة، وتظهر مستطيلة في مقاطعها ، وتكون نوى الخلايا بيضوية وتتخذ موقعاً اقرب الى القاعدة (شكل 2-9) .

ب. يوجد هذا النسيج في بطانة الامعاء وبعض الغدد .

حـ. تتلخص وظيفة النسيج الظهاري العمودي البسيط بالحماية والافراز والامتصاص (جدول 2 - 4) .



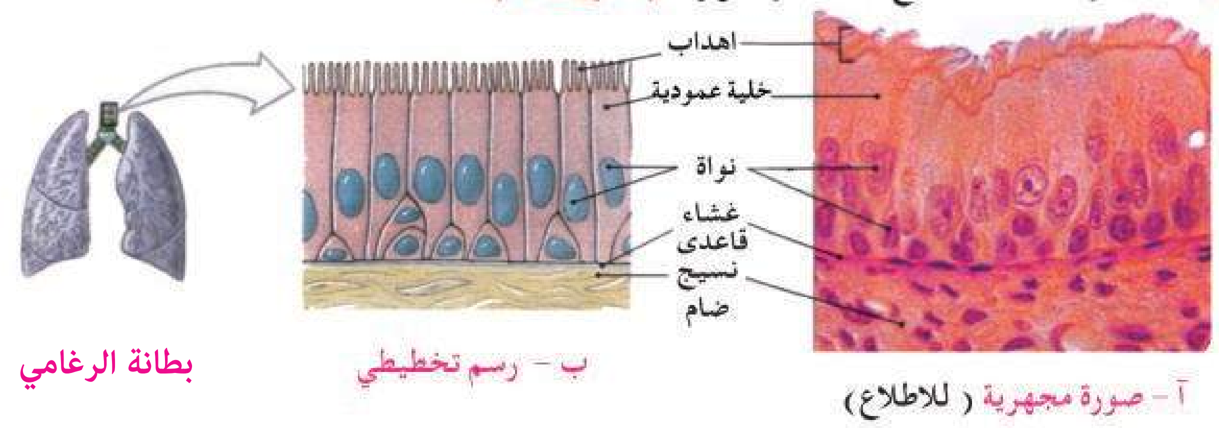
شكل (2-9) . النسيج الظهاري العمودي المهدب البسيط .

4 . النسيج الظهاري العمودي المطبق الكاذب (Pseudostratified Columnar Epithelial Tissue)

أ. يتكون هذا النسيج من اكثر من نوع من الخلايا التي تقع انويتها في مستويات مختلفة مما يوحي بأن النسيج مكون من عدة طبقات ، الا ان جميع خلاياه تستند الى الغشاء القاعدي والسطح الحر لخلاياه قد يكون مزوداً باهداب ، وعندئذٍ يسمى بالنسيج الظهاري المطبق الكاذب المهدب ، (شكل 2-10) .

ب. يوجد هذا النسيج في بطانة الرغامي وفي بطانة القنوات الكبيرة للغدد اللعابية.

حـ. تتلخص وظيفة هذا النسيج بالحماية والافراز ، (جدول 2-4) .



شكل (2 - 10) . النسيج الظهاري العمودي المطبق الكاذب المهدب.

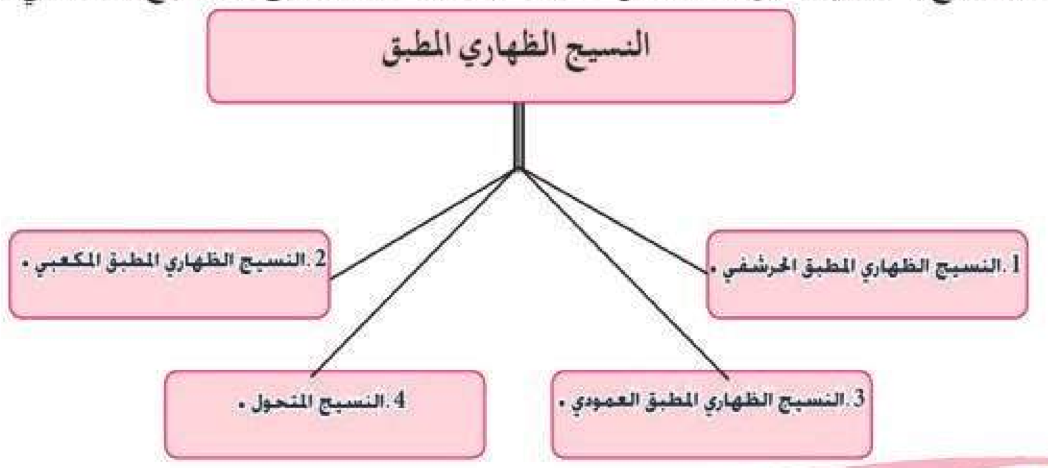
جدول (2 - 4) . انواع النسج الظهارية البسيطة وموقع ووظيفة كل منها .

النسيج	الموقع	الوظيفة
1. النسيج الظهاري الحرشفي البسيط	- بطانة الاوعية الدموية - بطانة التجاويف الجسمية . - بطانة الحويصلات الرئوية . - بطانة جسيمات مالبيجي .	- الانتشار والترشيح .
2. النسيج الظهاري المكعبي البسيط	- بطانة نبيبات الكلية - بطانة الغدد اللعابية	- الافراز - الامتصاص
3. النسيج الظهاري العمودي البسيط	- بطانة الامعاء - بطانة بعض الغدد	- الحماية - الافراز - الامتصاص
4. النسيج الظهاري العمودي المطبق الكاذب	- بطانة الرغامي . - بطانة القنوات الكبيرة للغدد اللعابية.	- الحماية - الافراز

ثانياً : النسيج الظهاري المطبق .

يتكون النسيج الظهاري المطبق من اكثر من صف واحد من الخلايا ، وهو يوجد في المناطق التي تكون عرضة للاحتكاك وبذلك فهو يحافظ على اجزاء اعضاء الجسم التي يغطيها او يبطنها .

يصنف النسيج الظهاري المطبق تبعاً لشكل خلايا الطبقة السطحية منه الى عدة انواع وكما يأتي :



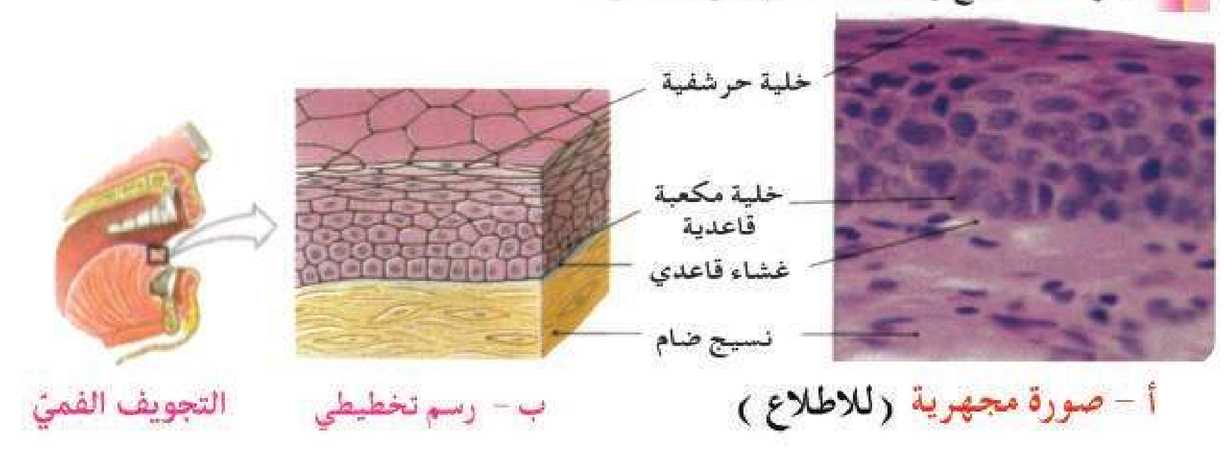
1. النسيج الظهاري المطبق الحرشفي

(Stratified Squamous Epithelial Tissue)

أ. يتكون النسيج الظهاري المطبق الحرشفي من اكثر من طبقة من الخلايا ، القاعدية منها تكون عمودية او مكعبة وتستقر على الغشاء القاعدي ، والطبقات الوسطى مؤلفة من خلايا متعددة السطوح ، اما خلايا الطبقة السطحية فتكون من النوع المسطح الحرشفي (Squamous)، (شكل2-11) وقد تكون متقرنة كما هو الحال في بشرة الجلد .

ب . يبطن النسيج الظهاري المطبق الحرشفي التجويف الفمي والمريء .

جـ . ينجز هذا النسيج وظيفة الحماية (جدول 2-5) .



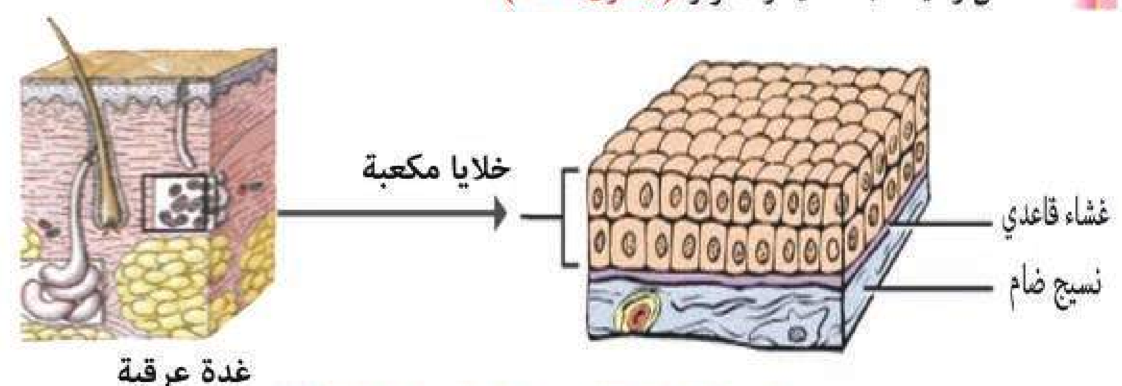
شكل (2-11) . النسيج الظهاري المطبق الحرشفي.

2. النسيج الظهاري المطبق المكعبي (Stratified Cuboidal Epithelial Tissue) .

أ. تكون خلايا الطبقة السطحية لهذا النسيج مكعبة الشكل ، اما خلايا الطبقتين المتوسطة والقاعدية فهي تشبه الخلايا في النسيج المطبق الحرشفي (شكل 2-12)

ب . يبطن هذا النسيج قنوات الغدد العرقية والنبيبات المنوية .

جـ . تتلخص وظيفته بالحماية والافراز (جدول 2-5) .



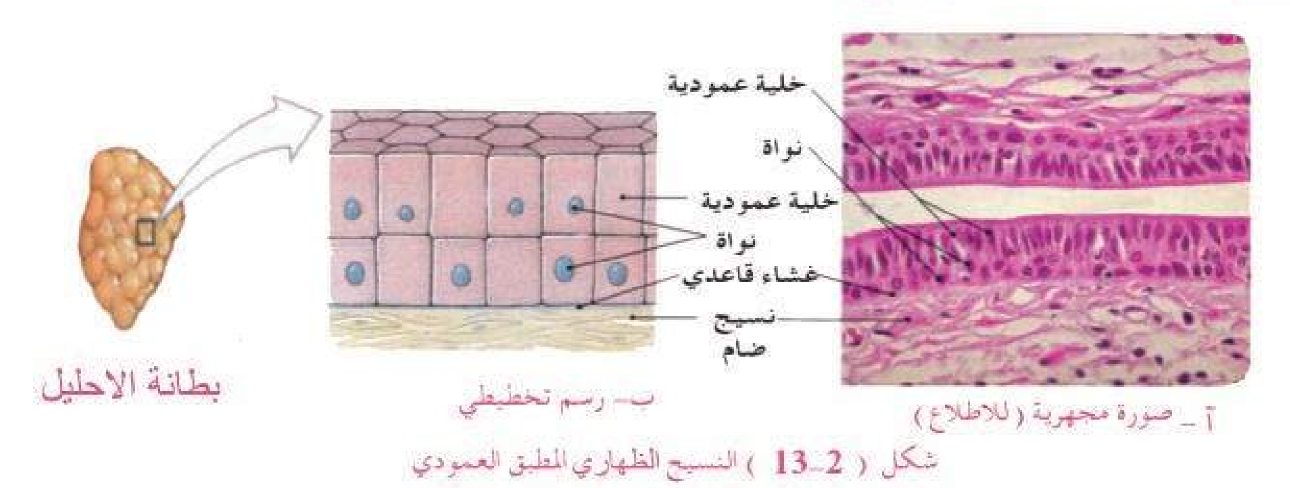
(شكل 2-12) النسيج الظهاري المطبق المكعبي .

3. النسيج الظهاري المطبق العمودي (Stratified Columnar Epithelial Tissue)

أ. تكون خلايا الطبقة السطحية لهذا النوع من النسج الظهارية عمودية الشكل اما خلايا الطبقتين المتوسطة والقاعدية فتكون متعددة السطوح واصغر حجماً عادة (شكل 2-13).

ب. يوجد هذا النسيج في بطانة الاحليل.

جـ. تتلخص وظيفته بالحماية (جدول 2-5).



شكل (2-13) النسيج الظهاري المطبق العمودي

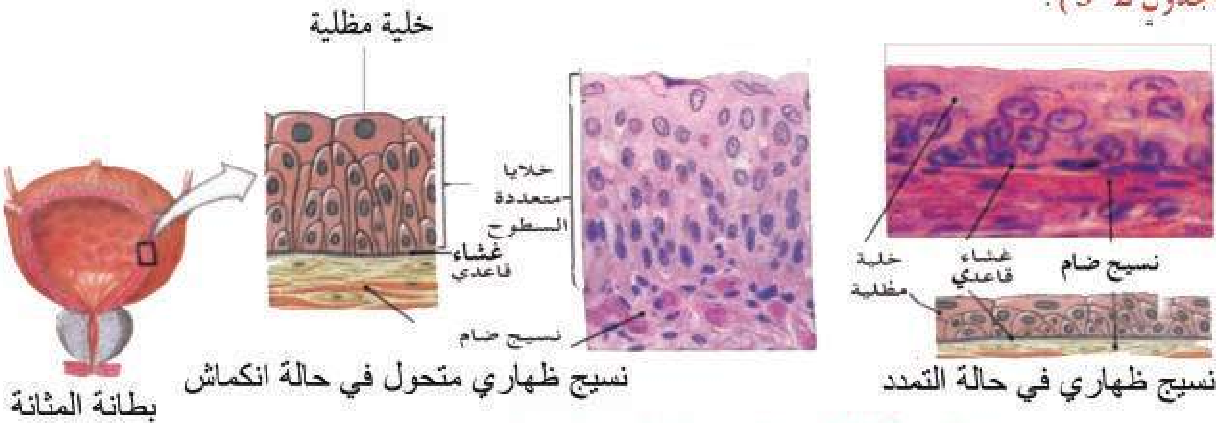
4. النسيج الظهاري المتحول (Transitional Epithelial Tissue).

أ. وهو نسيج ظهاري مطبق خاص، خلايا الطبقة السطحية فيه تكون كبيرة مظلية الشكل وهي تحوي نواة واحدة او نواتين، وتكون خلايا الطبقة المتوسطة متعددة السطوح اما خلايا الطبقة القاعدية فتكون مكعبة في شكلها وتستقر على الغشاء القاعدي (شكل 2-14).

وقابلية خلايا هذا النسيج على تغيير شكلها تجعله مناسباً جداً للاعضاء القابلة للتمدد والانكماش والتي يبطنها هذا النسيج.

ب. يوجد هذا النسيج في بطانة المثانة البولية والحالب وحوض الكلية.

جـ. تتلخص وظيفته بالحماية حيث يسمح للاعضاء بالتمدد والانكماش دون حصول اي تلف او تمزق في الخلايا (جدول 2-5).



شكل (2-14). النسيج الظهاري المتحول (للاطلاع).

جدول (2 - 5) . انواع النسج الظهارية المطبقة وموقع ووظيفة كل منها .

النسيج	الموقع	الوظيفة
1. النسيج الظهاري المطبق الحرشفي .	- التجويف الفمي . - المريء . - بشرة الجلد .	- الحماية .
2. النسيج الظهاري المطبق المكعبي .	- قنوات الغدد العرقية . - النبيبات المنوية .	- الحماية والافراز .
3. النسيج الظهاري المطبق العمودي .	- بطانة الاحليل .	- الحماية .
4. النسيج الظهاري المتحول .	- المثانة البولية . - الحالب . - حوض الكلية .	- الحماية وتمدد وانكماش الاعضاء .

2. النسيج الضام (الرابط) (Connective Tissue) .

وهو النسيج الذي يقوم بربط اجزاء الجسم المختلفة واسنادها ولذلك يطلق على النسج الضامة بالنسج الساندة (**Supporting Tissues**) .

تتكون النسج الضامة من

(أ) خلايا (**Cells**) .

(ب) الياف (**Fibers**) .

(جـ) مادة بين خلوية (**Intercellular Substance**) ويطلق عليها ايضاً بالقالب (**Matrix**) .

(أ) خلايا الانسجة الضامة .

تكون خلايا النسج الضامة منفصلة بعضها عن بعض ، وهي على عدة انواع وتنجز وظائف مختلفة ، ومن اهم خلايا النسيج الضام ، (شكل2-15) :

1 . الارومة الليفية (Fibroblast) .

أ. هي اكثر الخلايا شيوعاً في النسيج الضام وتمتاز بكبر حجمها وببروزاتها الطويلة التي تكون متفرعة وتبدو في مظهرها الجانبي مغزلية الشكل (Fusiform) ، ونواتها بيضوية كبيرة وسايتوبلازم الخلية يكون متجانساً .

ب. تتلخص وظيفة الارومة الليفية في كونها المسؤولة عن تكوين جميع انواع الالياف في النسيج الضام والتي سيرد ذكرها لاحقاً .

2 . البلعم الكبير (Macrophage) .

أ. هي خلية اميبية الشكل بروزاتها قصيرة مقارنة ببروزات الارومة الليفية ونواتها ليست مركزية الموقع .

ب. تقوم هذه الخلية بالتهام الجزيئات الغريبة ضمن النسيج وبالتالي فأن وظيفتها دفاعية .

3 . الخلية الدهنية (Adipose Cell) .

أ. هي خلية كروية الشكل تحوي قطيرة دهنية كبيرة تشغل معظم حجم الخلية والسايتوبلازم فيها يكون ممثلاً بحلقة نحيفة والنواة تكون مسطحة محيطية الموقع اي جانبية الموقع .

ب.تعمل الخلية الدهنية على خزن الدهون لتوليد الطاقة وحماية الفرد من فقدان الحرارة .

4 . الخلية الحشوية المتوسطة (Mesenchymal Cell) .

أ. تدخل هذه الخلية في تركيب النسيج الضام الجنيني وهي خلية غير متخصصة ذات بروزات سايتوبلازمية ونواة بيضوية مركزية الموقع .

ب. تتلخص وظيفة الخلية الحشوية المتوسطة في كونها خلية يمكن ان تتمايز الى اي نوع من خلايا النسيج الضام لدى البالغين .

5 . الخلية البلازمية (Plasma Cell) .

أ. هي خلية كروية الشكل او بيضوية صغيرة الحجم نسبياً ونواتها لامركزية الموقع ، وتظهر المادة الكروماتينية فيها مرتبة شعاعياً بما يشبه وجه الساعة او عجلة العربة ويكون سايتوبلازم الخلية متجانس .

ب. تكون مسؤولة عن تكوين الاجسام المضادة (Antibodies) وتلعب دوراً مهماً في حماية الجسم من الاصابات .

6. الخلية البدينة (Mast Cell) .

أ. هي خلية واسعة الانتشار ضمن النسج الضامة ، وتكون كروية الشكل كبيرة الحجم ، وسايتوبلازم الخلية يظهر محبباً ونواتها صغيرة ولامركزية الموقع .

ب. تتلخص وظيفة الخلية البدينة من خلال احتوائها على الهستامين (Histamine) الذي يلعب دوراً في تقلص العضلات الملساء ضمن القصيبات الرئوية كما يقوم بتوسيع الشعيرات الدموية من اجل زيادة قابليتها النضوحية كما تحتوي الخلية البدينة على الهيبارين الذي يمنع تخثر الدم .

واضافة لما ذكر في اعلاه فأن هناك العديد من الخلايا الاخرى ضمن النسيج الضام مثل الخلية الشبكية (Reticular Cell) والخلية الصباغية (Pigment Cell) وغير ذلك .

(ب) الياف الانسجة الضامة .

يوجد في النسيج الضام ثلاثة انواع من الالياف وهي الالياف البيض او المغراوية (White or Co lagenous Fibers) والالياف الصفر او المرنة(Yellow or Elastic Fibers) والالياف الشبكية (Reticular Fibers) (جدول 2 – 6) .

والجدول (2 – 6) يوضح انواع الياف الانسجة الضامة وصفات كل منها .

نوع الليف	الصفات العامة
1. الليف الابيض او المغراوي .	أ. يسمى بالابيض لكونه ابيض في حالة الطراوة . ب. يوجد بشكل حزم مؤلفة من عدة الياف وكل ليف يتكون من لييفات . حـ. الليف الابيض ذو اهمية ميكانيكية في النسيج الضام كونه يقاوم السحب .
2. الليف الاصفر او المرن (المطاط) .	أ. يسمى بالاصفر للونه الاصفر في حالة الطراوة . ب. يوجد بصورة مفردة ولايشكل حزماً وتتفرع الالياف الصفر وتكون مرنة سهلة التمدد ولكنها ليست قوية كقوة الالياف البيض .
3. الليف الشبكي .	أ. يسمى بالشبكي وذلك لتشابك تفرعاته التي تكون مايشبه الشبكة من الالياف الرفيعة . ب. وهو يوجد في العقد اللمفاوية، مما يشكل اسناد ودعم لها .

(حـ) المادة بين الخلوية (Intercellular Substance) او القالب (Matrix).

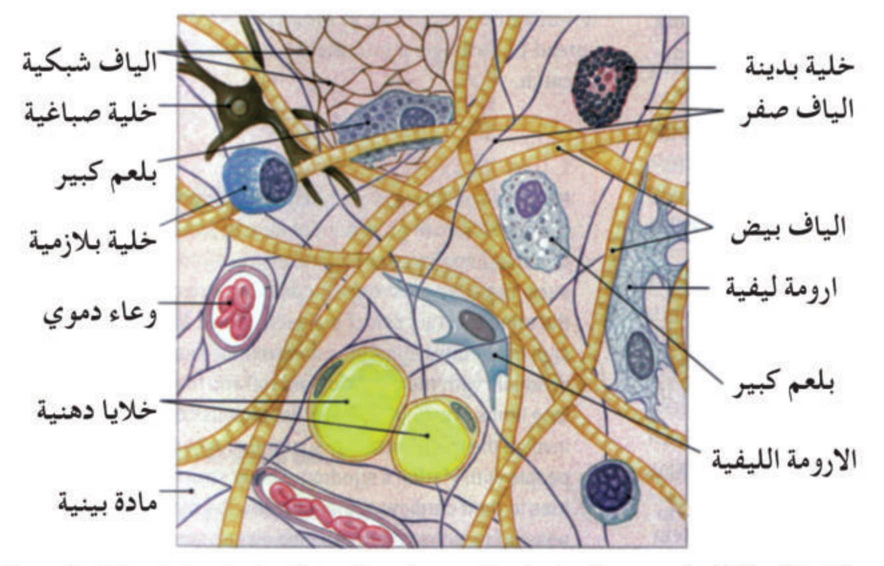
تكون بشكل مادة شفافة متجانسة ليس لها شكل معين وقد يكون قوامها سائلاً او نصف سائل او جيلاتيني او صلب وتشغل المسافات بين الخلايا والالياف.

- تصنيف الانسجة الضامة :

يصنف النسيج الضام تبعاً لانواع الخلايا والخواص الفيزيائية للمادة بين الخلوية الى :

1- نسيج ضام اصيل (Connective Tissue Proper) .

2- نسيج ضام خاص (المتخصص) (Special Connective Tissue)، كما يصنف كل منهما الى انواع ثانوية وكالآتي :

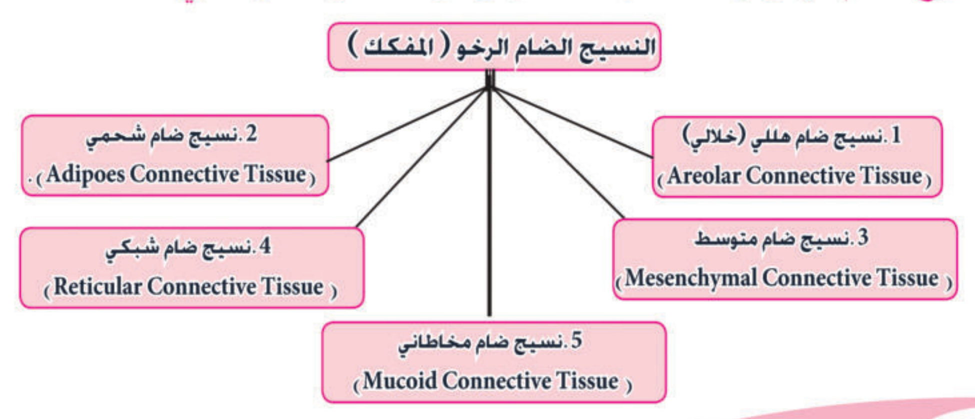


(شكل 2 – 15) النسيج الضام الهللي وتظهر فيه الخلايا المختلفة والالياف (للاطلاع).

(1) النسيج الضام الاصيل .

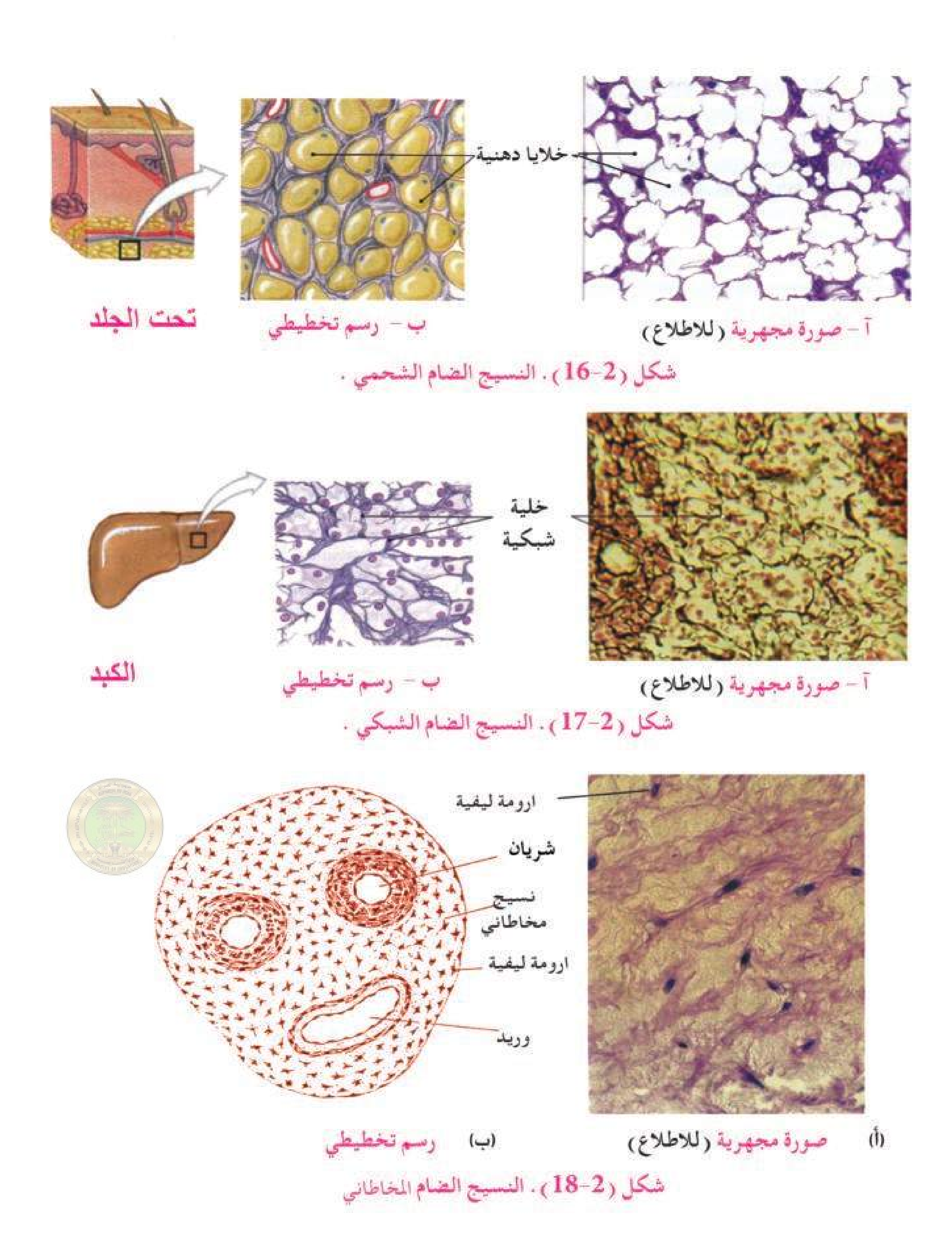
وهو يصنف حسب كثافة محتوياته من الخلايا والالياف الى نسيج ضام رخو او مفكك (Loose Connective Tissue) ونسيج ضام كثيف (Dense Connective Tissue).

يصنف النسيج الضام الرخو او المفكك تبعاً للخلايا والالياف المكونة له وكالآتي :



جدول (2 – 7) . انواع الانسجة الضامة الرخوة واماكن وجودها ووظائفها .

النسيج	الموقع	الوظيفة
1. النسيج الضام الهللي وهو اكثر النسج الضامة شيوعاً **وتتميز** فيه جميع انواع الالياف بكثافات متباينة ، كما وتتميز فيه أغلب خلايا الانسجة الضامة (شكل 2–15)	أ. تحت الجلد . ب. بين اعضاء الجسم المختلفة .	– يغلف معظم تراكيب الجسم بضمنها الاوعية الدموية واللمفاوية والاعصاب .
2. النسيج الضام الشحمي تسود فيه الخلايا الدهنية (شكل 2–16) .	أ. تحت الجلد . ب. في مواقع خزن الدهون وايضها .	– خزن الدهون . – توليد الطاقة . – الحماية من فقدان حرارة الجسم .
3. النسيج الضام المتوسط وهو بنسيج ضام غير متخصص ، تنطمر خلاياه في مادة بين خلوية سائلة .	في المراحل الجنينية المبكرة ثم يتخصص الى انواع الانسجة المختلفة الاخرى لدى البالغين .	– **يتمايز** ليكون انسجة متخصصة في الجسم .
4. النسيج الضام الشبكي وهو من الانسجة الضامة البدائية وتسود فيه الخلايا الشبكية ومادته بين الخلوية تكون سائلة (شكل 2–17) .	أ. الاعضاء اللمفية . ب. نقي العظم . حـ. الكبد .	– الاسناد .
5. النسيج الضام المخاطاني ويتكون من ارومات ليفية ذات مظهر نجمي تنطمر في مادة جيلاتينية مخاطية (شكل 2–18)	– الحبل السري	– الاسناد .



شكل (2-16) . النسيج الضام الشحمي .

شكل (2-17) . النسيج الضام الشبكي .

شكل (2-18) . النسيج الضام المخاطاني

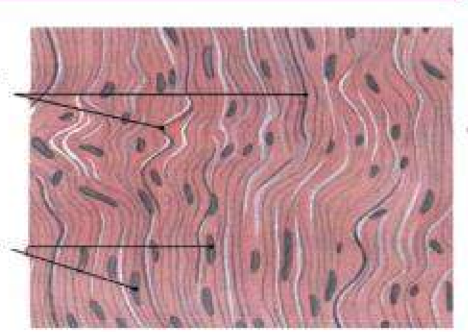
النوع الثاني من الانسجة الضامة الاصيلة هو النسيج الضام الكثيف ويصنف الى نوعين تبعاً لكثافة الالياف فيه وكالآتي :

النسيج الضام الكثيف

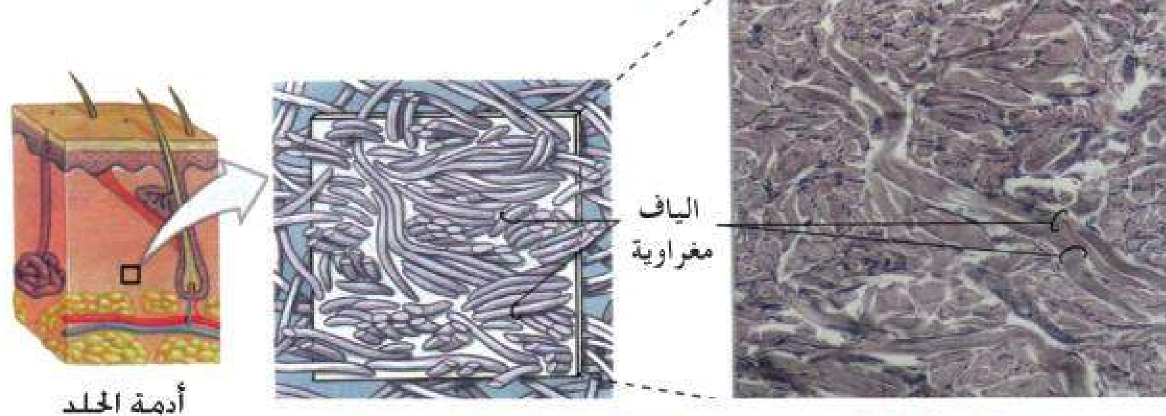
1. نسيج ضام ابيض كثيف (نسيج ضام مغراوي كثيف) (Dense Collagenous Connective Tissue) وتسود فيه الالياف المغراوية وهو اما ان يكون ترتيب الالياف فيه منتظماً كما في الاوتار، او غير منتظماً كما في ادمة الجلد (شكل 2-19 و2-20) .

2. نسيج ضام اصفر كثيف (نسيج ضام مرن كثيف) (Dense Elastic Connective Tissue) وتسود فيه الالياف الصفر وهو يوجد في الروابط (Ligaments) كمافي الرابط القفوي في منطقة العنق (شكل 2-21) .

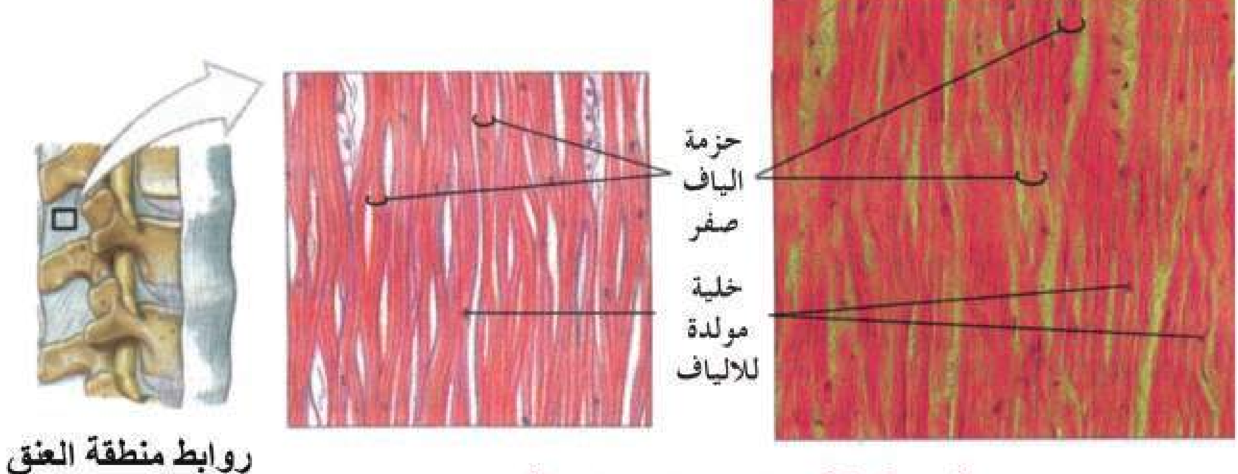




شكل (2-19) . النسيج الضام المغراوي الكثيف المنتظم .



شكل (2-20) . النسيج الضام المغراوي الكثيف غير المنتظم (للاطلاع) .



شكل (2-21) . النسيج الضام المرن الكثيف (للاطلاع) .

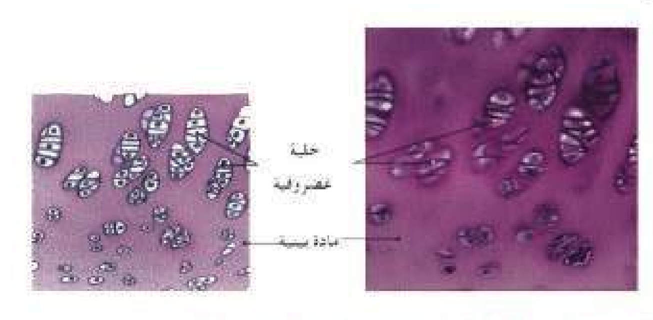
(2) النسيج الضام المتخصص .

يتضمن النسيج الضام المتخصص الغضروف (**Cartilage**) والعظم (**Bone**) وهما يشكلان نسيجاً ضاماً هيكلياً (يكونان هيكل الجسم) ، كما يضم الدم واللمف .

أ . الغضروف (Cartilage) .

يمتاز النسيج الغضروفي بكون المادة بين الخلوية فيه صلدة بالشكل الذي تجعله مقاوماً للضغط والشد ، وهي تحتوي مركب يدعى المخاطين الغضروفي (**Chondromucin**) . وتنطمر في المادة بين الخلوية الياف بيض دقيقة وخلايا خاصة تعرف بالخلايا الغضروفية (**Chondrocytes**) والتي تتواجد ضمن محافظ (**Lacunae**) .

والغضروف على انواع تبعاً لسيادة او كثرة الالياف الموجودة ضمن المادة بين الخلوية ، فقد يكون غضروف شفاف (**Hyaline Cartilage**) حيث تكون مادته بين الخلوية شفافة ومتجانسة لقلة كثافة الالياف فيها (شكل 2-22) ويوجد هذا النوع في مناطق مختلفة من الجسم مثل **الرغامي** أو قد يكون غضروف ليفي ابيض (**White Fibro - Cartilage**) تسود فيه الالياف البيض كما هو الحال في الاقراص بين الفقرات ، وقد يكون غضروف مطاط (**Elastic Cartilage**) عندما تسود فيه الالياف المرنة او المطاطة كما هو الحال في صيوان الاذن .



الرغامي

شكل (2-22) . الغضروف الشفاف (الزجاجي) (للاطلاع) .

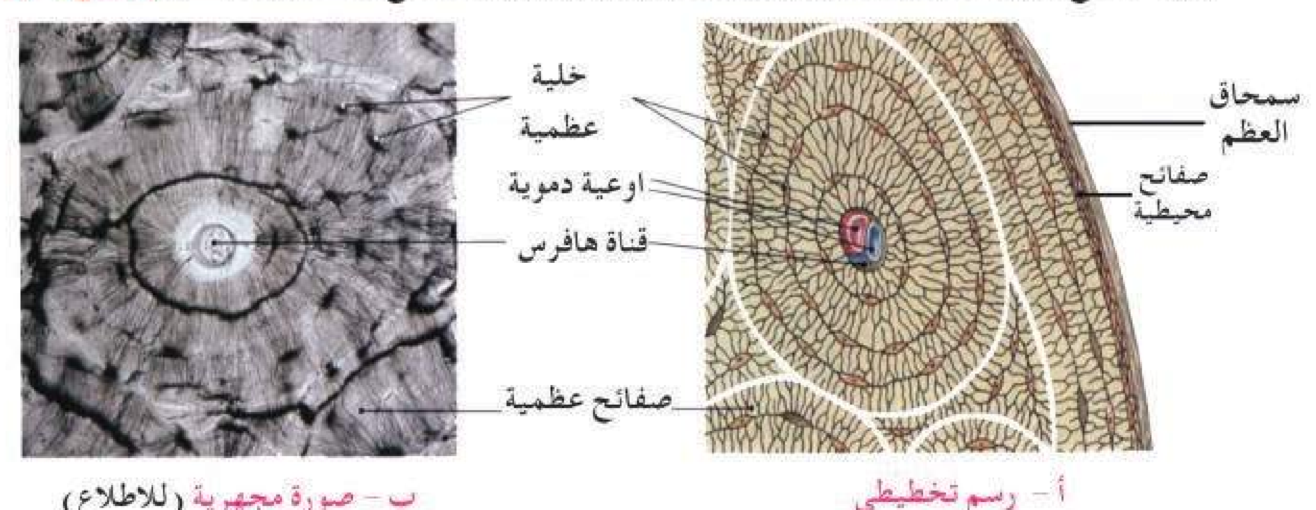
ب . العظم (Bone) .

يمثل العظم نسيجاً ضاماً اكثر صلابة من النسيج الغضروفي وذلك لاحتواء مادته بين الخلوية على نسبة كبيرة من املاح الكالسيوم مثل فوسفات الكالسيوم وكاربونات الكالسيوم (املاح لاعضوية) ، اضافة الى الالياف البيض ؛ ويكون النسيج العظمي على نوعين هما :-

1. العظم المصمت (Compact Bone)
2. العظم الاسفنجي (Spongy Bone)

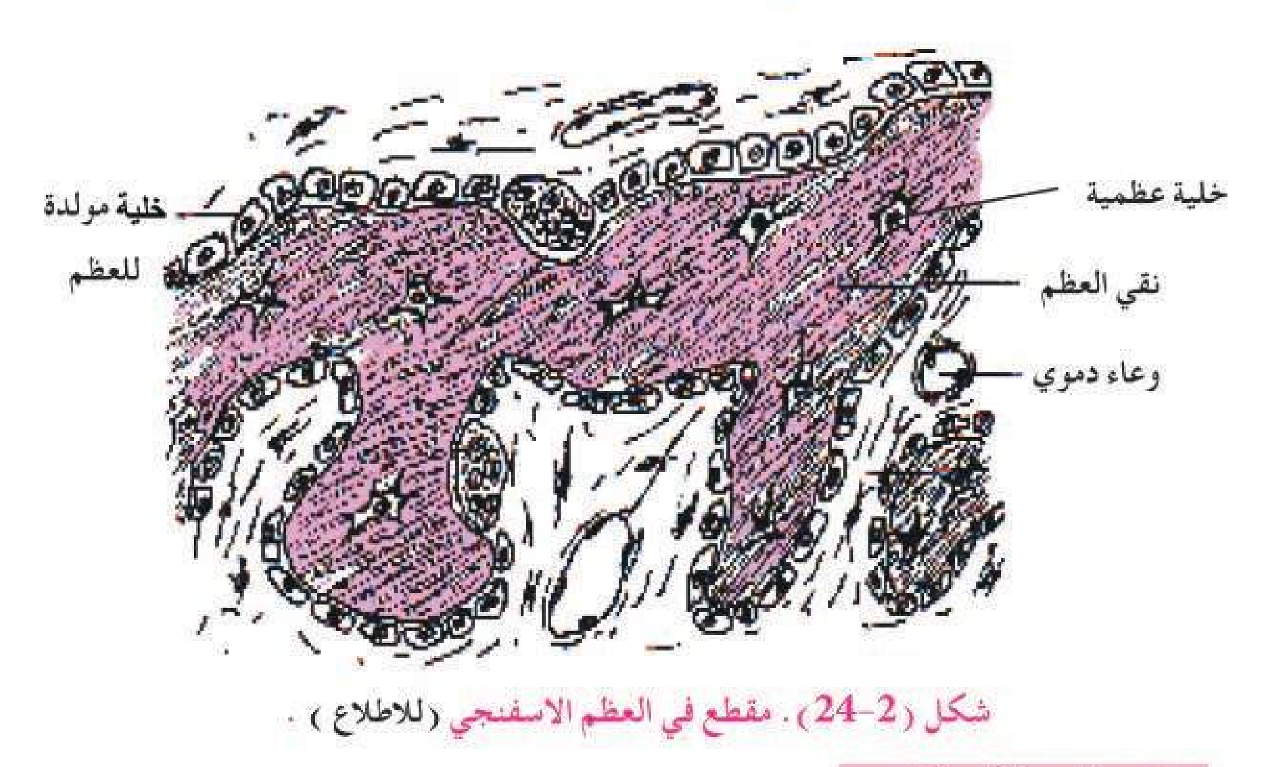
يتكون النسيج العظمي وكما هو الحال في النسيج الغضروفي من خلايا خاصة هي الخلايا العظمية (Osteocytes) ضمن محافظ ايضاً ، والياف بيض دقيقة ومادة بينية .

ولو درسنا مقطعاً للعظم المصمت سيتضح لنا ان مادته البينية تكون على شكل صفائح عظمية (Bone Lamellae) ، تتوزع ضمن النسيج بعضها تمثل صفائح محيطية توازي السطح الخارجي والسطح الداخلي للعظم وتدعى بالصفائح المحيطية في حين يترتب القسم الآخر بشكل صفائح متحدة المركز تحيط بقناة مركزية تدعى قناة هافرس (Haversian Canal) تمر من خلالها الاوعية الدموية والاعصاب ، وتشكل الصفائح العظمية متحدة المركز وقناة هافرس جهازاً يعرف بجهاز هافرس (Haversian System) وترتبط قنوات هافرس مع بعضها بوساطة قنوات مستعرضة تدعى قنوات فولكمان (Volkmann`s Canals) . كما توجد صفائح بينية تملأ المسافات بين اجهزة هافرس وبينها وبين الصفائح العظمية المحيطية (شكل 2 - 23) .



شكل (2-23) . العظم المصمت .

ويختلف نسيج العظم الاسفنجي عن نسيج العظم المصمت في كون الصفائح العظمية فيه غير مرتبة كترتيب العظم المصمت ، وهي تتخذ شكل حواجز او عوارض غير منتظمة المظهر تتفرع وتلتقي فتحصر بينها فراغات يشغلها نقي العظم (شكل 2 – 24) .



شكل (2–24) . مقطع في العظم الاسفنجي (للاطلاع) .

حـ . الدم (The Blood) .

يعد الدم نسيج ضام متخصص كونه ينشأ من خلايا متوسطة جنينية . والدم متكون من خلايا ومادة بينية (بلازما) ومواد بروتينية تتحول الى الياف عند حصول عملية التخثر يكون الدم حوالي (7–8 %) من وزن جسم الانسان البالغ الصحي الذي يقارب وزنه (70) كغم حيث يحتوي على (5 – 6) لتر من الدم .

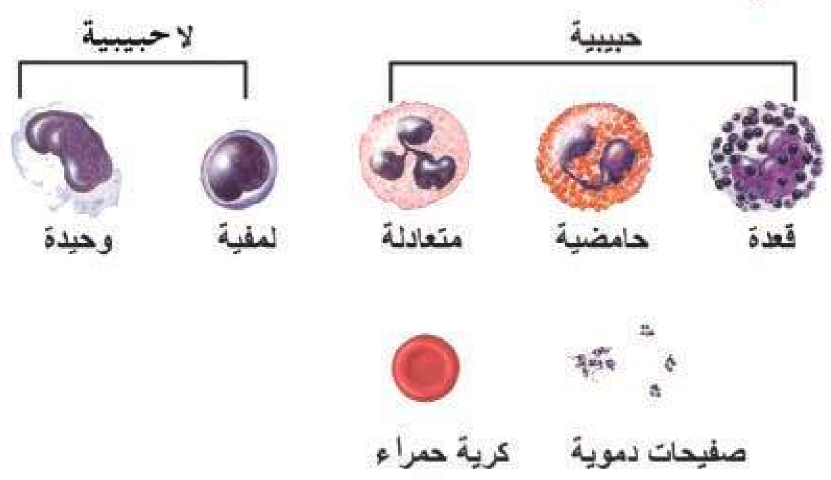
اولاً : خلايا الدم

تتمثل خلايا الدم في الانسان ، بـ :

1. خلايا الدم الحمر (Red Blood Cells) or Erythrocytes) .
2. خلايا الدم البيض (White Blood Cells or Leucocytes) .
3. عناصر اخرى هي الصفيحات الدموية (Blood Platelets or Thrombocytes) .

1. خلايا الدم الحمر :

يطلق عليها ايضاً جسيمات او كريات الدم الحمر (**Red Blood Corpuscles**)، وهي تتخذ في الثدييات بضمنها الانسان شكل قرص مقعر الوجهين وتكون عديمة النواة ، ويشذ عن هذا النسق خلايا الدم الحمر في الجمال حيث تكون بيضوية محدبة الوجهين وخالية من النواة ايضاً يبلغ قطر خلية الدم الحمراء في الانسان (6.5 - 8.0) مايكروميتر وقد تظهر تغيرات في الحجم في الحالات المرضية فتكون اكبر او اصغر من ذلك (شكل 2 - 25).



شكل (2-25). خلايا الدم في الانسان .

يبلغ عدد خلايا الدم الحمر في ذكور الانسان البالغ (4000000 - 6000000) خلية في المايكروليتر المكعب الواحد وفي الانثى البالغة يتراوح العدد بين (3900000 - 5500000) خلية في المايكروليتر المكعب الواحد . ويقل عدد خلايا الدم الحمر عن الحد الطبيعي في حالات فقر الدم ويزداد في حالات الصعود الى مرتفعات عالية وفي حالة التعرض الى اول اوكسيد الكاربون(**Carbon Monoxide**)

يحتوي سايتوبلازم خلايا الدم الحمر على صبغة خاصة هي الهيموكلوبين (خضاب الدم) التي تتحد مع الاوكسجين لتكون مركباً غير ثابت هو الاوكسي هيموكلوبين ، ينفصل عنه الاوكسجين عند وصوله الى الخلايا ويأخذ بدله ثنائي اوكسيد الكاربون مكوناً مركب غير ثابت يدعى كاربوكسي هيموكلوبين .

قدرت فترة حياة خلايا الدم الحمر في الانسان بنحو (120) يوماً تقريباً . اذ تدخل نحو (2500000) خلية جديدة في مجرى الدم كل ثانية لتعوض عن عدد مساو لخلايا فقدت حياتها خلال الوقت نفسه وتلتهم البلاعم الكبيرة في الكبد والطحال ونقي العظم الاحمر خلايا الدم الحمر الميتة .

2 . خلايا الدم البيض :

تعد خلايا الدم البيض خلايا حقيقية تحتوي على النواة ومحتويات الخلية الحية ولها القابلية على الحركة الاميبية (شكل 2-25) .

يتراوح عدد خلايا الدم البيض في الانسان البالغ (5000 - 11000) خلية في المايكروليتر المكعب الواحد من الدم ، وتكون نسبة عدد خلايا الدم البيض الى خلايا الدم الحمر حوالي (1 : 700) . ويكون عدد خلايا الدم البيض في الاطفال اكثر مما هو عليه في البالغين حيث يصل العدد في الطفل حديث الولادة حوالي (16000) خلية في المايكروليتر المكعب الواحد من الدم، وتحدث تغايرات كبيرة في العدد في حالات مرضية خاصة .

تصنف خلايا الدم البيض الى مجموعتين رئيستين هما :

اولاً : خلايا الدم البيض الحبيبية (Granular Leucocytes) :

يحتوي السايتوبلازم في هذا النوع من خلايا الدم البيض على حبيبات نوعية وتكون نواتها غالباً مفصصة وتشتمل على ثلاثة انواع تبعاً لقابلية تلونها وهي :

أ. خلايا الدم البيض العدلة (Neutrophils) ، وتؤلف (40-70%) من العدد الكلي لخلايا الدم البيض .

ب خلايا الدم البيض الحمضة (Acidophils) وتؤلف (1-4%) من العدد الكلي لخلايا الدم البيض .

جـ خلايا الدم البيض القعدة (Basophils) وتؤلف ما يقارب (0.5-1 %) من العدد الكلي لخلايا الدم البيض .

ثانياً : خلايا الدم البيض اللاحبيبية (Non-Granular Leucocytes) :

لايحتوي سايتوبلازم هذه الخلايا على حبيبات والنواة فيها تكون غير مفصصة ، وتشمل نوعين :

أ. الخلايا اللمفية (Lymphocytes) وتؤلف (20-45 %) من المجموع الكلي لخلايا الدم البيض

ب. الخلية الوحيدة (Monocytes) وتؤلف (4-8 %) من المجموع الكلي لخلايا الدم البيض

تلعب خلايا الدم البيض دوراً اساسياً في الحماية من الاصابات المرضية ، وهي تنجز وظائفها خارج مجرى الدم بعدما تدخل الى النسيج الضام المفكك .

3 . الصفيحات الدموية (Blood Platelets) :

الصفيحات الدموية عبارة عن اقراص كروية او بيضوية صغيرة عديمة اللون خالية من النواة (شكل 2 - 25) توجد الصفيحات الدموية في دم الثدييات ويقابلها في الفقريات الأوطأ في سلم التطور (مثل الطيور والبرمائيات) خلايا مغزلية الشكل تحتوي على النواة وتكون اكبر حجماً منها وتدعى بالخلايا الخثرية (Thrombocytes) ، ويعتقد انها تشابه الصفيحات الدموية في الوظيفة .

يتراوح قطر الصفيحة الدموية نحو (2 - 4) مايكروميتر . وتصل حياة الصفيحات الدموية في الانسان (9 - 10) ايام وتلتهم البلاعم الكبيرة الصفيحات الدموية في الكبد والطحال ونقي العظم . تتلخص وظيفة الصفيحات الدموية في كونها تحرر انزيم ثرومبوبلاستين (Thromboplastine) الذي يلعب دوراً مهماً في عملية تخثر الدم . وتحتوي الصفيحات الدموية السيروتونين (Serotonin) الذي يساعد في تقلص الاوعية الدموية الصغيرة .

ثانياً : بلازما الدم (Blood Plasma) :

يمثل بلازما الدم المادة البينية لنسيج الدم ، وهو سائل متجانس يمكن الحصول عليه بترشيح الدم ويكون بلون اصفر فاتح، تكون نسبته في الدم حوالي (55%) ، ويكون الماء نحو (90 %) من البلازما ، ومايتبقى (10 %) يمثل مواد صلبة موجودة في البلازما مثل البروتينات والهورمونات والانزيمات واملاح لاعضوية وكلوكوز وغير ذلك .

اللمف (Lymph)

وهو سائل يتجمع من الانسجة ويرجع الى مجرى الدم بوساطة اوعية لمفاوية (Lymphatic Vessels) ، يشبه اللمف البلازما في التركيب الا ان محتواه البروتيني اقل وعملية التخثر فيه تكون أبطأ والخثرة تكون لينة لاصلبة .

يحتوي اللمف على خلايا لمفية بالدرجة الرئيسة وتختلف نسبتها تبعاً لعدد العقد اللمفية التي يمر فيها والتي تقع في طريق الاوعية اللمفية .

3 . النسيج العضلي (Muscular Tissue) .

سبق وان درست عزيزي الطالب النسيج العضلي بانواعه ضمن منهج الصف الخامس العلمي وتحديداً في الفصل الخاص بالحركة ، حيث تعرفت الى ان النسيج العضلي هو المسؤول عن فعل الحركة .

يتكون النسيج العضلي من خلايا تدعى بالالياف العضلية (Muscle Fibers) ، وتحتوي هذه الالياف على خيوط الاكتين (Actin) والمايوسين (Myosin) التي تجتمع وتتداخل لانجاز فعل الحركة ، والعضلات مهمة لتوليد الحرارة للجسم .

تصنف العضلات الى ثلاثة انواع هي :

1. العضلات الملساء (Smooth Muscles) .
2. العضلات الهيكلية (Skeletal Muscles) .
3. العضلات القلبية (Cardiac Muscles) .

1. العضلات الملساء :

تدعى ايضاً بالعضلات الحشوية (شكل 2 - 26) ، وتمتاز بالآتي :

أ. خلاياها او اليافها مغزلية الشكل بنهايتين مستدقتين وتكون سميكة عند الوسط ورقيقة في النهايات .

ب. يحاط الليف العضلي بغشاء عضلي (Sarcolemma) .

حـ. النواة فيها مفردة مركزية الموقع .

د. فعل العضلة يكون لاارادياً .

توجد العضلات الملساء في جدران الامعاء والمعدة والاوعية الدموية وغير ذلك من الاعضاء الداخلية المجوفة (جدول 2 - 8) .

2. العضلات الهيكلية :

ويطلق عليها بالعضلات الارادية وهي ترتبط مع العظام بوساطة اوتار وعند تقلصها يتحرك جزء الجسم الموجودة فيه .

تمتاز العضلات الهيكلية بالآتي :

أ. الليف العضلي الهيكلي اسطواني الشكل طويل وبعض الاحيان يمتد على طول العضلة .

ب. يتميز الليف العضلي الهيكلي بتخطيط عرضي حيث تظهر فيه مناطق غامقة واخرى فاتحة ، مما يعطي الليف ككل مظهراً مخططاً ولذلك يطلق على العضلات الهيكلية بالعضلات المخططة (شكل 2 - 26) .

حـ. يحاط الليف العضلي الهيكلي بغشاء خاص يدعى بالغشاء العضلي وهو يختلف عن الغشاء العضلي الذي يحيط الليف العضلي الاملس .

د. يكون الليف العضلي الهيكلي متعدد الانوية وتتخذ انويته مواقع محيطية في الليف .

هـ. تقوم العضلة الهيكلية بعملها تحت سيطرة ارادة الفرد ولذلك تسمى بالعضلات الارادية .

3 . العضلات القلبية :

وهي عضلات لا ارادية مخططة توجد في جدران القلب فقط ، وتقلصها يضخ الدم من القلب ، كما ان تمددها يسمح بدخول الدم الى القلب . والليف العضلي القلبي يجمع في صفاته المظهرية والوظيفية بين الليف العضلي الاملس والليف العضلي الهيكلي (جدول 2 - 8) ، وهو يتميز بالآتي :

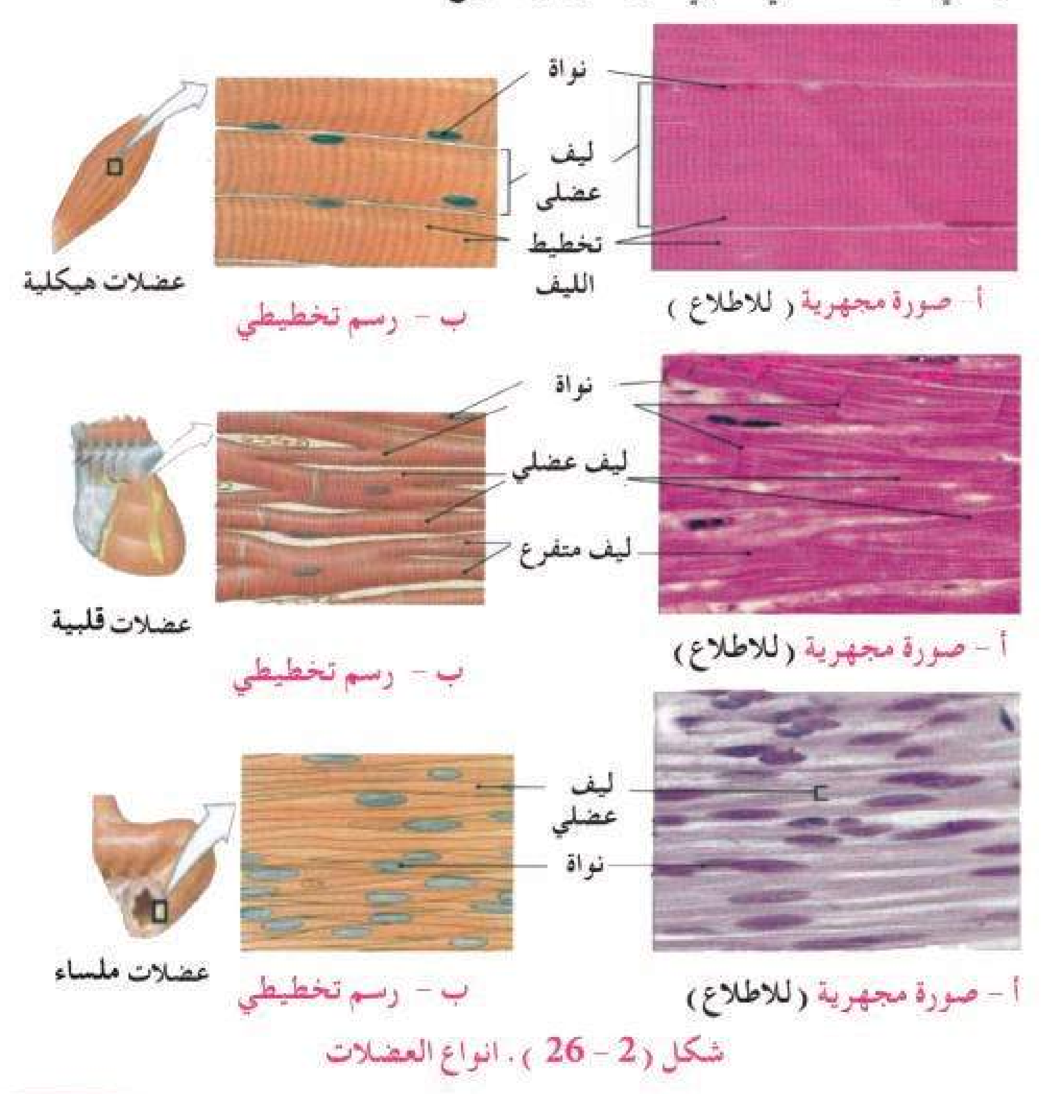
أ يكون الليف العضلي القلبي اسطواني اصغر واقصر طولاً بكثير من الليف العضلي الهيكلي ويكون متفرعاً وتلتقي تفرعاته .

ب يتميز الليف العضلي القلبي بتخطيط عرضي يشابه ذلك الذي في الليف العضلي الهيكلي وبذا فان العضلة القلبية تكون مخططة .

ج ترتبط الالياف العضلية القلبية بعضها ببعض عند نهاياتها بمناطق متخصصة من غشيتها البلازمية ، تعرف بالاقراص البينية (**Intercalated Discs**) .

د غشاء الليف العضلي القلبي ارق من غشاء الليف العضلي الهيكلي .

هـ النواة تكون في الليف العضلي القلبي مفردة مركزية الموقع .



شكل (2 - 26) . انواع العضلات

جدول (2-8) . مقارنة بين الالياف العضلية المختلفة

الصفة	العضلة الملساء	العضلة الهيكلية	العضلة القلبية
1 .شكل الليف العضلي .	مغزلي مدبب النهايتين سميك في الوسط ونحيف في الجانبين .	اسطواني طويل غير متفرع .	اسطواني متفرع اقصر من ليف العضلة الهيكلية .
2 . حجم الليف العضلي.	صغير وقصير .	كبير وطويل .	اصغر من الليف العضلي الهيكلي .
3 . الخيوط العضلية .	مبعثرة غير مخططة.	منتظمة ذات خطوط مستعرضة .	منتظمة وذات خطوط مستعرضة .
4 . النواة .	مفردة مركزية الموقع.	متعدد الانوية وتكون الانوية محيطية الموقع .	مفردة مركزية الموقع .
5 . الفعل .	لاارادي.	ارادي.	لاارادي.

4. النسيج العصبي (Nervous Tissue) .

يقوم النسيج العصبي بوظيفة نقل السيلات العصبية (Nervous Impulses) من جزء الى آخر في الجسم الحي ولمسافات بعيدة . وهو يتكون من خلايا عصبية او عصبونات (Neurons) مدعمة بخلايا مرافقة ضمن النسيج العصبي لكنها لاتقوم بوظيفة عصبية ، وتعرف بالخلايا الدبقية او الدبق العصبي (Neuroglia) .

- الخلية العصبية (العصبونة) :

العصبونة خلية متخصصة تتالف من ثلاثة اجزاء (شكل 2 - 27) هي :

أ جسم الخلية (Cell Body) وهو يمثل الجزء المتسع من العصبونة ويحتوي السايتوبلازم والنواة التي تكون ذات نوية واضحة ، كما يحوي السايتوبلازم لييفات عصبية (Neurofibrils) وحبيبات نسل (Nissl`s Granules) التي تمثل مراكز لتجمع البروتين ، فضلاً عن المحتويات الحية الاخرى التي توجد في بقية الخلايا .

ب التشجرات (Dendrites) ، وهي نتوءات او بروزات من جسم الخلية توصل الاشارات او الحوافز العصبية الى جسم الخلية .

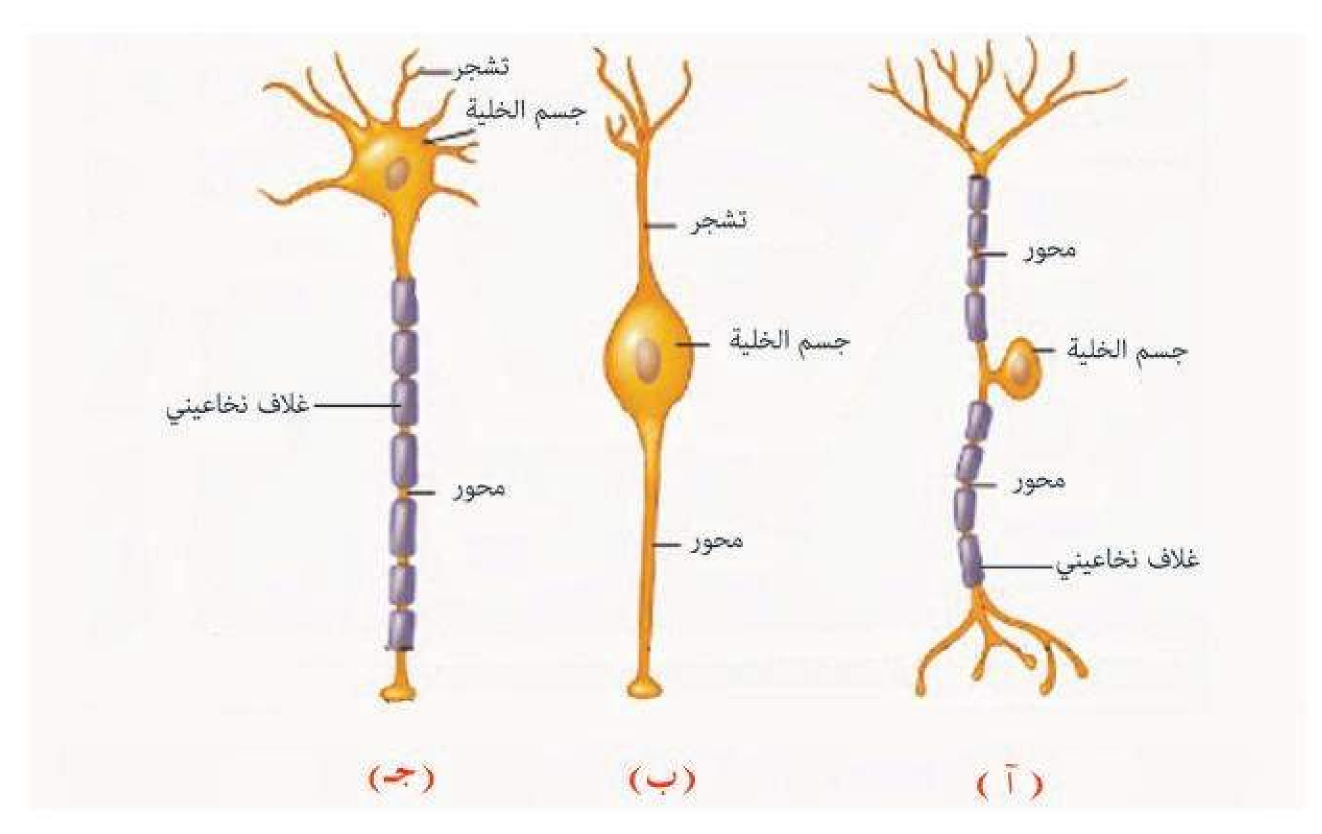
جـ المحور (Axon) ، وهو بروز ينقل الحوافز العصبية بعيداً عن جسم الخلية، والمحو ر قد يحاط بغلاف نخاعيني وقد لايكون محاطاً بغلاف نخاعيني (شكل 2 - 27) وعادة يكون المحور طويل ومفرد .

تصنف الخلايا العصبية تبعاً لعدد البروزات الممتدة من جسم الخلية (شكل 2 – 27) الى :

1. خلية احادية القطب(Monopolar Neuron) ، يكون جسمها كروي او بيضوي وذو بروز واحد .
2. خلية ثنائية القطب (Bipolar Neuron) ، ويكون جسمها مغزلي ذو بروزين .
3. خلية احادية القطب كاذبة (Pseudounipolar Neuron) لها قطب واحد يتفرع قرب جسم الخلية الى محور وتشجرات .
4. خليـة متعددة الاقطاب (Multipolar Neuron) ، ويكون جسمها نجمي الشكل متعدد البروزات .

– خلايا الدبق العصبي (Neuroglia) :

وهي خلايا تشكل القسم الاعظم من النسيج العصبي حيث تكون نسبتها ضمن النسيج العصبي (1 : 50) اي كل عصبونة يقابلها (50) من خلايا الدبق العصبي وهي تشغل اكثر من نصف حجم الدماغ ، وتتلخص وظيفتها بأسناد الخلايا العصبية فضلاً عن كونها تبتلع البكتيريا والفتات الخلوي .



شكل (2 – 27) تركيب الخلية العصبية وانواعها .(آ) خلية عصبية احادية القطب كاذبة . (ب) خلية عصبية ثنائية القطب. (جـ) خلية عصبية متعددة الاقطاب .

أسئلة الفصل الثاني

السؤال الاول :

اكتب المصطلح العلمي الذي يدل على كل عبارة مما يأتي :

1 - .... الانسجة المرستيمية التي تتواجد في القمم النامية للساق والجذر في النباتات الراقية .

2 - .... انسجة مرستيمية تتواجد في الجزء القاعدي من نصل الورقة

3 - .... النسيج الذي تتمايز خلاياه لتكون الانسجة المستديمة في جسم النبات .

4 - .... الخلايا البرنكيمية التي تحتوي على البلاستيدات .

5 - .... احد نوعي الخلايا السكلرنكيمية التي توجد في بعض الثمار مثل الكمثرى .

6 - .... احدى خلايا النسيج الضام ، شكلها اميبي ونواتها ليست مركزية الموقع .

7 - .... نوع من انواع الياف النسيج الضام ، يوجد بصورة مفردة ويكون مرن سهل التمدد .

8 - .... خلايا مغزلية الشكل توجد في دم الطيور والبرمائيات تقابل الصفيحات الدموية في دم اللبائن .

9 - .... انزيم تحرره الصفيحات الدموية ، ويؤدي دورا مهما في عملية تخثر الدم .

10- .... خلايا تشكل القسم الاعظم من النسيج العصبي وتشغل اكثر من نصف حجم الدماغ .

السؤال الثاني :

فسّر الحقائق العلمية التالية :

1 - غالبا ماتكون خلايا النسيج البرنكيمي كروية الشكل او مضلعة .

2 - سبب تسمية النسيج الظهاري العمودي المطبق الكاذب بهذا الاسم .

3 - النسيج الظهاري المتحول يوجد في الأعضاء القابلة للتمدد والانكماش ..

4 - وجود الهستامين في الخلية البدينة في النسيج الضام .

5 - توصف الانسجة الضامة بأنها انسجة ساندة .

6 - يمثل العظم نسيج ضام اكثر صلابة من النسيج الغضروفي .

7 - يطلق على العضلات الهيكلية تسمية العضلات المخططة .

السؤال الثالث :

اكتب داخل القوسين الحرف الذي يشير الى الجواب الصحيح :

( ) 1 - الانسجة المرستيمية التي تتواجد في قواعد وقمم السلاميات هي :

ا. القمية . ب. البينية .

جـ. الجانبية . د . الطرفية .

( ) 2 - النسيج الذي تكون خلاياه ميتة وذات جدران مغلظة هو النسيج :

ا. الكولنكيمي . ب. البرنكيمي .

جـ. السكلرنكيمي . د. الميزنكيمي .

( ) 3 - النسيج الذي يوجد في بطانة الرغامي هو :

ا. النسيج الظهاري الحرشفي البسيط . ب. النسيج الظهاري العمودي المطبق الكاذب.

جـ. النسيج الظهاري العمودي البسيط . د. النسيج الظهاري المكعبي البسيط .

( ) 4 - يقع النسيج الظهاري المكعبي البسيط في بطانة :

ا. الاوعية الدموية . ب. الحويصلات الرئوية .

جـ. نبيبات الكلية . د . الغدد .

( ) 5 - الخلية المسؤولة عن تكوين جميع انواع الالياف في النسيج الضام هي:

ا. الخلية البلازمية . ب. البلعم الكبير .

جـ . الخلية الحشوية المتوسطة . د .الارومة الليفية .

( ) 6 - الخلية البلازمية احدى انواع خلايا النسيج الضام ، حددت وظيفتها بالآتي :

ا. التهام الجزيئات الغريبة . ب. تكوين الاجسام المضادة .

جـ . حماية الفرد من فقدان الحرارة . د . تتمايز الى اي نوع من خلايا النسيج الضام .

( ) 7 - نوع النسيج الضام الرخو الذي يقع في الكبد هو :

ا. الشبكي . ب. المتوسط .

جـ . المخاطاني . د . الشحمي .

( ) 8 - الغضروف الموجود في صيوان الاذن هو من نوع :

ا. الشفاف . ب. الليفي الابيض .

جـ . المطاط . د .المخاطاني .

( ) 9 - يزدادعدد خلايا الدم الحمر عن الحد الطبيعي في :

ا. حالات فقر الدم . ب. حالات الصعود الى مرتفعات عالية .

جـ .التعرض الى غاز ثنائي اوكسيد الكاربون. د .حالات التعرض للأشعاع .

( ) 10 – يقدر عمر خلايا الدم الحمر في الانسان بـ :

أ. 130 يوما .　　ب. 120 يوما .

جـ. 112 يوما .　　د . 140 يوما .

( ) 11 – تبلغ نسبة البلازما في الدم :

أ. 55 % .　　ب. 50 % .

جـ. 90 % .　　د. 95 % .

( ) 12 – العضلات التي يكون شكل خلاياها مغزلي بنهايتين مستدقتين وتغلظ في الوسط هي :

أ. الملساء .　　ب. الهيكلية .

جـ. القلبية .　　د. المخططة .

السؤال الرابع :

اكمل العبارات التالية :

1 – يتكون نسيج الخشب من عناصر مختلفة في التركيب والوظيفة هي :

أ...................... ب...................... جـ......................

د..................

2 – النسيج الذي يبطن الاحليل **هو**.................................. .

3 – توجد خلايا النسيج الظهاري المطبق المكعبي في ....

4 – تتكون الانسجة الضامة من : أ.............. ب.............. جـ...................

5 – يصنف النسيج الضام الاصيل حسب كثافة محتوياته الى .... و........... .

6 – تشكل الصفائح العظمية متحدة المركز و..........جهازا يعرف بجهاز......... .

7 – يتحد الاوكسجين مع صبغة الهيموكلوبين مكونا مركب ....

8 – تكون خلايا الدم البيض الحبيبية على انواع ثلاث هي : أ.......... ب .... ج ....

السؤال الخامس :

قارن بين :

1 - النسيج المرستيمي والنسيج الوعائي من حيث الموقع والوظيفة.

2 - النسيج الاساس ونسيج البشرة من حيث الموقع والوظيفة.

3 - نسيج الخشب ونسيج اللحاء من حيث المكونات والوظيفة.

4 - العظم المصمت والعظم الاسفنجي .

السؤال السادس :

ضع داخل القوسين امام كل مفردة من مفردات المجموعة الاولى ، رقم المفردة المناسبة من المجموعة الثانية

	المجموعة الاولى		المجموعة الثانية
( )	النسيج الظهاري الحرشفي	1	الاسناد
( )	النسيج الضام الشبكي	2	الانتشار والافراز
( )	النسيج الظهاري العمودي البسيط	3	الحماية والافراز
( )	النسيج الظهاري المكعبي البسيط	4	الاسناد والامتصاص
( )	النسيج الظهاري المطبق الحرشفي	5	الانتشار والترشيح
( )	النسيج الظهاري العمودي المطبق الكاذب	6	الحماية
		7	الافراز والامتصاص
		8	الحماية والافراز والامتصاص



الفصل الثالث
التكاثر

محتويات الفصل

النواتج التعليمية :

بعد الانتهاء من دراسة الفصل الثالث نأمل من الطالب ان يكون قادراً على ان :

1. يعرف عملية التكاثر .
2. يعرف التكاثر اللاجنسي والتكاثر الجنسي ويقارن بينهما .
3. يشرح عملية التكاثر في الفيروسات .
4. يوضح عملية التكاثر اللاجنسي والجنسي في البكتيريا .
5. يشرح التكاثر الجنسي واللاجنسي في الكلاميدوموناس .
6. يبين بخطوات عملية التكاثر اللاجنسي والجنسي في البراميسيوم.
7. يوضح كيفية تكاثر اليوغلينا .
8. يشرح عملية التكاثر في عفن الخبز الاسود .
9. يبين مفهوم ظاهرة تعاقب الاجيال في النباتات .
10. يوضح التكاثر في الحزازيات والسرخسيات .
11. يوضح تركيب الزهرة ويبين اجزانها ذات العلاقة المباشرة وغيرالمباشرة بعملية التكاثر الجنسي .
12. يقارن بين نباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين .
13. يشرح عملية التكاثر الجنسي في نبات زهري .
14. يشرح تكوين البذرة والثمرة ويتعرف على تركيبهما .
15. يبين مفهوم التكاثر الخضري في النباتات ويعط امثلة مختارة عن هذا النوع من التكاثر
16. يبين طرق التكاثر في الهايدرا .
17. يشرح عملية التكاثر في البلاناريا .
18. يوضح طريقة التكاثر في دودة الارض .
19. يتعرف على مكونات الجهاز التكاثري في الحشرات وطرق التكاثر فيها .
20. يبين مكونات جهاز التكاثر في الضفدع ويشرح عملية التكاثر فيه .
21. يتعرف على مكونات جهاز التكاثر في ذكر وانثى الانسان .
22. يشرح عملية التكاثر في الانسان .
23. يبين مفهوم كل من التكاثر العذري والخنثي .



التكاثر

3-1. مقدمة

من الامور المسلم بها ان جميع الكائنات الحية قادرة على انتاج كائنات جديدة تشبهها ، وان كل الاشياء الحية معرضة للموت وكل كائن حي مهما امتدت حياته يجب ان ينتهي في آخر الامر ، لذا يجب ان نقر بعدم الاستغناء عن التكاثر .

ويكون التكاثر بصورة عامة بشكلين : جنسي ولا جنسي .

والتكاثر الجنسي الذي يحصل في غالبية الحيوانات متعددة الخلايا يقدم مميزات كبيرة اكثر من التكاثر اللاجنسي ، وتجسد عملية التكاثر سواء كانت جنسية او لا جنسية طرازاً اساسياً في :

1. تحويل المواد الخام من البيئة المحيطة الى النسل او الى الخلايا الجنسية التي تنمو لتكون نسلاً بنفس التكوين .

2. نقل الطراز الوراثي ، او الشفرة الوراثية (DNA) من الاباء الى الابناء .

3-2. مفهوم التكاثر ودوره في الكائنات الحية لحفظ النوع .

لقد استمرت الكائنات الحية في البقاء على سطح الارض منذ ملايين السنين وتطورت من اشكال بسيطة نسبياً الى اشكال اكثر تعقيداً ، وهذا الاستمرار في البقاء يأتي من قابليتها على التكاثر وبذا فأن التكاثر يؤمن بقاء النوع .

والتكاثر يتميز عن جميع الوظائف الحيوية الاخرى مثل التغذية والتنفس والنقل والاخراج بكونه ليس ضرورياً لبقاء الفرد ذاته ، على عكس الوظائف الاخرى اذا اختلت احداها فقد ينجم عن ذلك موت الفرد ، بينما يمكن نزع اي عضو من اعضاء التكاثر بل وحتى ازالة الجهاز التكاثري بالكامل ويستمر الفرد في العيش وهو بأحسن حال صحي .

ولكن اذا أنتقلنا الى مستوى النوع بأكمله فأن المسألة تصبح ذات مفهوم آخر . فلو توقفت اجهزة التكاثر لدى جميع افراد النوع الواحد عن القيام بوظائفها فأن هذا النوع وبدون شك سوف ينقرض .

وقد يقع عاتق التكاثر في بعض الانواع الحيوانية على عدد قليل من افراد الجيل الواحد ، وعلى سبيل المثال نجد ان الاغلبية الساحقة من افراد خلية النحل اناث عقيمات (العاملات) ليس لها دور في عملية التكاثر ، اما الافراد الخصبة التي تنجز عملية التكاثر فتقتصر على الذكور التي تكون قليلة العدد عادة وعلى انثى واحدة هي الملكة .

3-3. انواع التكاثر.



هناك نوعان من التكاثر هما : (1) التكاثر اللاجنسي (2) التكاثر الجنسي .

1 التكاثر اللاجنسي (Asexual Reproduction) .

تستطيع بعض الكائنات الحية انتاج كائنات اخرى من نوعها . ويتم هذا بتحول اجزاء من الكائن الحي الى احياء جديدة شبيهة بالاصل الذي نتجت منه ، وقد ينتج عن مثل هذا التكاثر كائناً واحداً او كائنات عديدة .
يتم التكاثر اللاجنسي في الكائنات الحية بطرق متعددة ممثلة بالانقسام الثنائي والتبرعم وتكوين السبورات والتكاثر الخضري وغيرها .

2 التكاثر الجنسي (Sexual Reproduction) .

تتميز افراد الكثير من النباتات ومعظم الحيوانات الراقية الى ذكور واناث ، حيث تنتج الذكور خلايا جرثومية ذكرية هي النطف (الحيامن) (Sperms) وتنتج الاناث خلايا جرثومية انثوية هي البيوض (Ova) .

في مثل هذه الحالة تكون هذه الكائنات مميزة عن بعضها بالشكل والمظهر الخارجي والتركيب الداخلي لاعضائها التناسلية .

عملية التكاثر الجنسي تتم بأتحاد نواتي النطفة والبيضة بعملية تدعى الاخصاب (**Fertilization**) وينتج عن ذلك اختلاطاً للمادة الوراثية ، فيتوارث الابناء صفات تجمع بين الابوين . ولابد من الاشارة الى ان الجمع بين صفات الابوين يحدث تغيرات وراثية ذات اهمية حياتية كبيرة للفرد منها حسنة ومنها سيئة ، ولكن كلما كانت التغيرات الوراثية كثيرة كلما انتجت تغيرات حسنة تطغي على السيئة وبالتالي تكون الافراد الجديدة اكثر ملائمة لظروف البيئة .

يشتمل التكاثر الجنسي على عمليتين اساسيتين الاولى هي الانقسام الاختزالي (**Meosis**) وهو نوع خاص من الانقسام النووي يحصل في النواة ويختزل فيه عدد الكروموسومات (**Chromosomes**) من العدد الكامل الى نصف العدد الكامل للكروموسومات ، اما العملية الثانية فيتم فيها اتحاد نواتي النطفة والبيضة والتي يحوي كل منهما على نصف العدد الكامل للكروموسومات ويتكون من هذا الاتحاد الزيجة او الزايكوت البيضة المخصبة (**Zygote**) التي تحتوي العدد الكامل للكروموسومات وهي تعد اول خلية جنينية تصبح بالانقسام والتكوين والنمو كائناً جديداً .

(1) تكوين النطف (الحيوانات المنوية) (Spermatogenesis) .

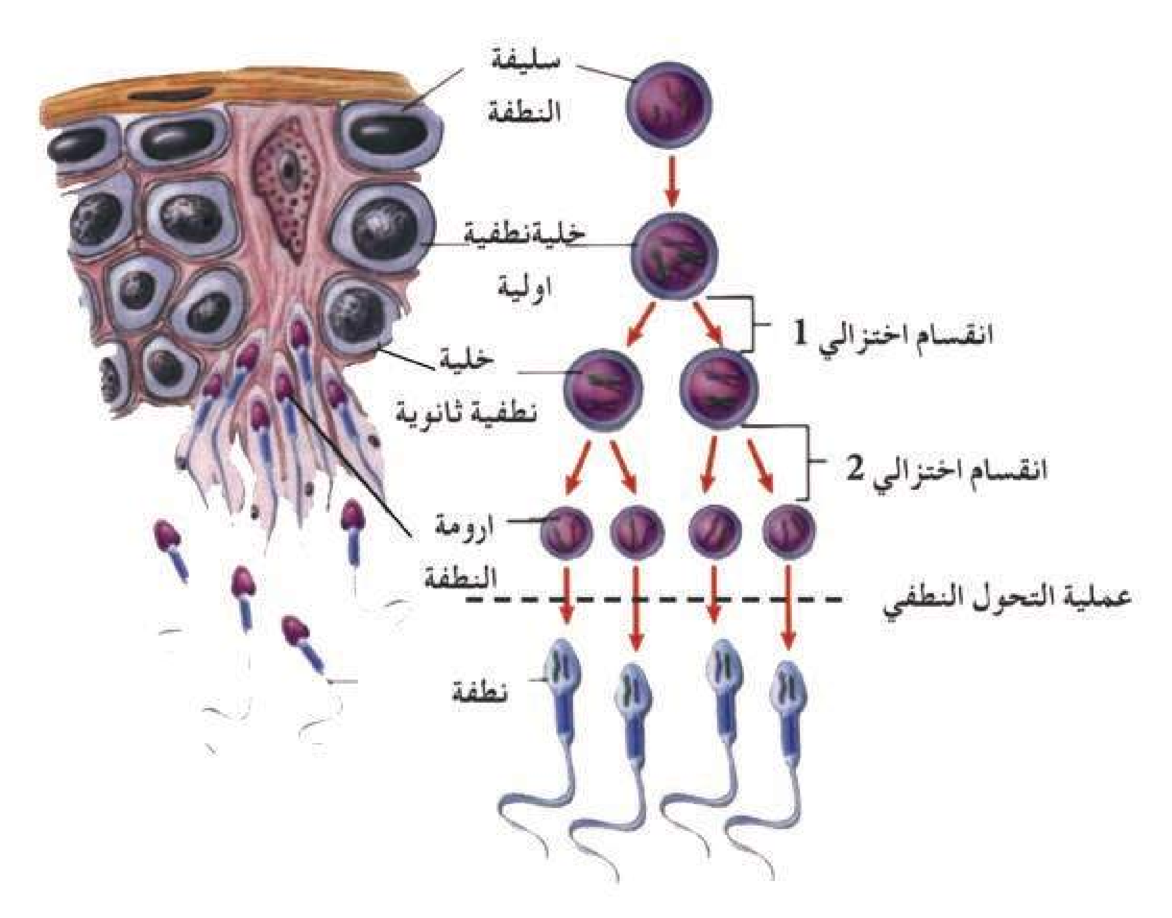
تتكون النطفة (الحيوان المنوي) في الخصية (**Testis**) التي تتألف من اعداد كبيرة من نبيبات منوية (**Seminiferous Tubules**) ملتوية . تبطن هذه النبيبات خلايا جرثومية اولية تنقسم انقسامات غير مباشرة متعددة ومتعاقبة وينتج عنها خلايا جديدة تدعى سليفات النطف (**Spermatogonia**) وتكون ثنائية المجموعة الكروموسومية (2س) تنقسم سليفات النطف انقسامات اعتيادية ينتج عنها تضاعف في اعدادها .

تمر سليفات النطف بمرحلة نمو بعد توقف انقساماتها ويكبر حجمها وتسمى الخلايا النطفية الاولية (**Primary Spermatocytes**) .

تمر الخلايا النطفية الاولية بمرحلة انقسام اختزالي اول ينتج عنه خليتين متساويتين في الحجم احاديتا المجموعة الكروموسومية (س) وتسمى كل منهما بالخلية النطفية الثانوية **Secondary Spermatocyte**

تمر الخليتان النطفيتان الثانويتان بمرحلة الانقسام الاختزالي الثاني وتنتج عنه اربعة خلايا متساوية الحجم احادية المجموعة الكروموسومية (س) ، وتدعى هذه الخلايا الاربع بأرومات النطف (**Spermatids**) .

تعاني ارومات النطف تغيرات في شكلها وتركيبها مؤدية الى تكوين النطفة الناضجة (**Mature Sperm**) .



شكل (3-1) . تكوين النطف في اللبائن .

(2) تكوين البيوض (Oogenesis) .

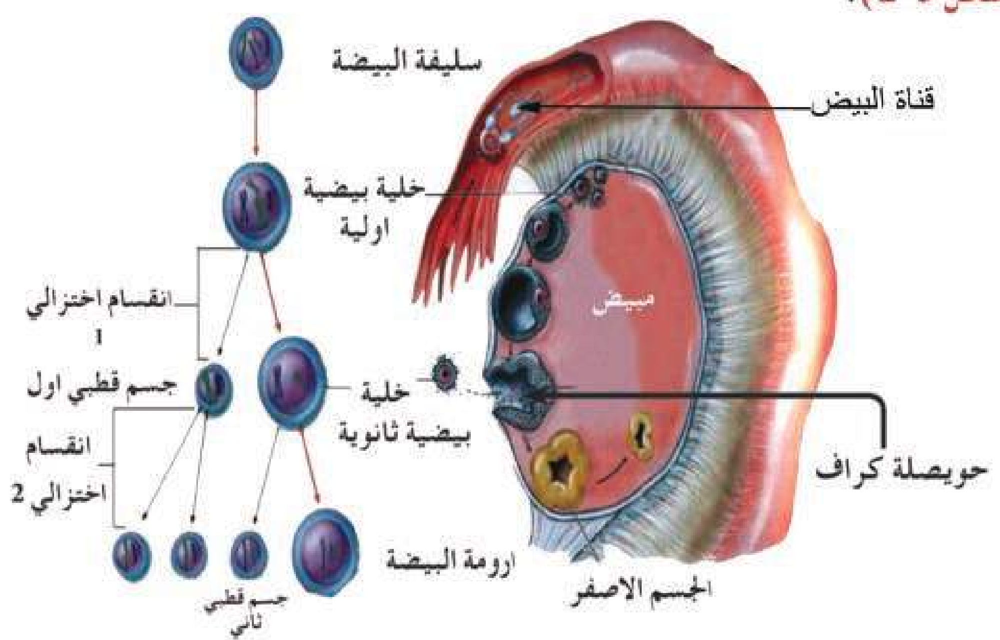
تتكون البيوض في المبيض حيث تمر الخلايا الجرثومية (Germ Cell) داخل المبايض بعمليات انقسام غير مباشرة ينتج عنها مجاميع من خلايا تدعى سليفات البيوض (Oogonia) . تعاني سليفات البيوض انقسامات اعتيادية متعاقبة لينتج عنها سليفات بيوض اضافية تكون جميعها ثنائية المجموعة الكروموسومية (2س) .

يبدأ قسم من هذه الخلايا بالنمو فيكبر حجمها وتدعى عندئذ بالخلايا البيضية الاولية او الابتدائية (Primary Oocytes) والتي تكون ثنائية المجموعة الكروموسومية (2س) ، وتكون هذه الخلايا في الكثير من الحيوانات وبشكل خاص الفقريات منها محاطة بخلايا صغيرة الحجم تدعى الخلايا الحوصلية (Follicle Cells) . وتشكل الخلية البيضية الاولية مع الخلايا الحوصلية المحيطة بها مايعرف بالحوصلة المبيضية (Ovarian Follicle) .

تمر الخلية البيضية الاولية بمرحلة الانقسام الاختزالي الاول الذي تنتج عنه خليتان غير متساويتين بالحجم بسبب الانقسام السايتوبلازمي غير المتساوي وتكون كلا الخليتين احادية المجموعة الكروموسومية (س) .

تدعى الخلية الكبيرة الحجم بالخلية البيضية الثانوية (**Secondary Oocytes**) في حين تدعى الخلية صغيرة الحجم بالجسم القطبي الاول (**First Polar Body**) .

تمر الخلية البيضية الثانوية بمرحلة الانقسام الاختزالي الثاني الذي تنتج عنه خليتان غير متساويتين في الحجم ايضاً الكبيرة تدعى ارومة البيضة (**Ooblast**) والتي تنمو لتكون البيضة الناضجة (**Mature Ovum**) ، اما الخلية الصغيرة فتمثل الجسم القطبي الثاني(**Second Polar Body**) وكلاهما احادي المجموعة الكروموسومية (س) . وقد ينقسم الجسم القطبي الاول فيكون جسمين قطبيين آخرين ، اي ان النتيجة النهائية لهذه العملية هي بيضة ناضجة مع ثلاثة اجسام قطبية وتنحل الاجسام القطبية فيما بعد، (شكل 3-2) .



شكل (3-2) . تكوين البيوض في الثدييات .

وفيما يأتي ايجاز لعملية التكاثر في مجاميع الاحياء المختلفة :

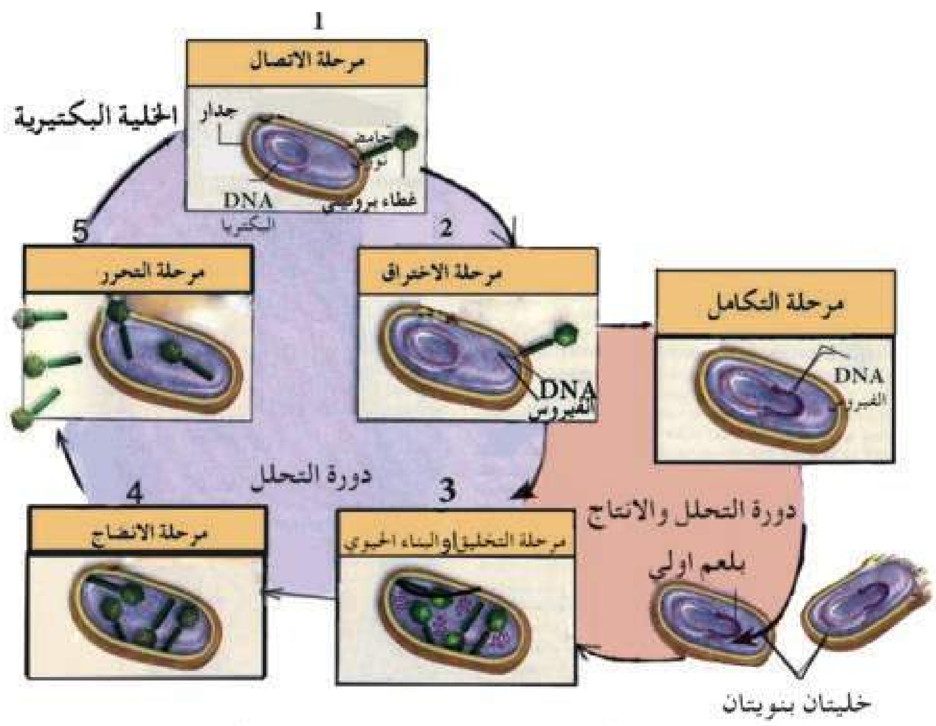
3-4. التكاثر في الفيروسات (Reproduction in Viruses) .

سبق وان درست عزيزي الطالب ان الفيروسات او الرواشح هي كائنات متناهية في الصغر ولايمكن رؤيتها الا بوساطة المجهر الالكتروني ، وانها تمثل حلقة وصل بين الكائنات الحية وغير الحية، وهي من مسببات امراض كثيرة في الحيوانات والنباتات المختلفة .

تستطيع الفيروسات التكاثر والنمو داخل الخلايا الحية للكائنات الاخرى ، ولكنها تفقد هذه القدرة خارجها كونها لاتمتلك القابلية على البقاء بصورة مستقلة .

ويرجع السبب في ذلك لعدم امتلاكها العضيات الخلوية (**Cell Organelles**) بضمنها الاجهزة الانزيمية الضرورية للتنفس وبناء البروتين او تضاعف الحامض النووي .

يمكن ايجاز عملية تكاثر الفيروسات من خلال مايحصل في سلسلة الفيروسات التي تهاجم نوعاً من البكتيريا يدعى بكتيريا القولون (***Escherichia coli***) ويعرف هذا النوع من الرواشح بالبلعم البكتيري (**Bacteriophage**) حيث يحصل التكاثر من خلال دورتين متداخلتين اولهما دورة التحلل (**Lytic Cycle**) وثانيهما دورة التحلل والانتاج (**Lysogenic Cycle**) (شكل 3-3) وكالآتي :



شكل (3-3) . التكاثر في الفيروسات (البلعم البكتيري) .

(1) مرحلة الاتصال (Attachment stage) .

في هذه المرحلة يقترب الفيروس من الخلية البكتيرية وعندما يصبح بتماس معها تلتصق الالياف الموجودة في ذنبه بمواقع خاصة على الجدار الخلوي للمضيف (الخلية البكتيرية) .

(2) مرحلة الاختراق (Penetration Stage) .

يفرز ذنب الفيروس انزيماً له المقدرة على اضعاف الروابط الكيميائية في جدار الخلية عند منطقة الالتصاق ومن ثم يتم تكوين ثقب يدخل من خلاله (**DNA**) الفيروس الى داخل المضيف .

(3) مرحلة التخليق او البناء (Biosynthesis Stage) .

حال دخول (DNA) الفيروس يبدأ بأستنساخ mRNA الفيروس اللازم لبناء انزيمات تحليل (DNA) و mRNA البكتيريا ، ومن ثم تصبح الالية البكتيرية لتكوين البروتين وانتاج الطاقة تحت سيطرة الحامض النووي الرايبي منقوص الاوكسجين (DNA) للفيروس ، وتوجه التعليمات الوراثية من الحامض النووي (DNA) للفيروس الى المضيف لتكوين حامض نووي وبروتينات جديدة للفيروس .

(4) مرحلة الانضاج (Maturation Stage) .

تنتظم جزيئات البروتين لتكون اغطية بروتينية حول جزيئات الحامض النووي للفيروس ، ويتكون (100-200) فيروس جديد .

(5) مرحلة التحرر (Release Stage) .

في هذه المرحلة تقود الفيروسات المتكونة الى تحلل الخلية البكتيرية المضيفة ، وتتحرر الفيروسات لتصيب بكتيريا اخرى غير مصابة وتستغرق هذه العملية كاملة مايقرب من 25 دقيقة وبمرور الوقت تكون البلاعم البكتيرية (اكلات البكتيريا) قد قضت على تجمع كبير من البكتيريا .

وقد يحصل التكاثر من خلال دورة التحلل والانتاج حيث يتم بما يعرف بمرحلة التكامل والتي يتم فيها اندماج الحامض النووي الفيروسي (DNA) مع الحامض النووي البكتيري (DNA) بدون ان يحصل تحطيم لـ (DNA) البكتيريا، وعندئذ يسمى (DNA) الفيروس بالبلعم الاولي. ويحصل تضاعف (DNA) الراشح مع تكاثر البكتيريا (شكل 3-3) .

3-5. التكاثر في البدائيات (Reproduction in Monera)

تضم البدائيات البكتيريا الطحالب الخضر المزرقة (Cyanobacteria) وهي تتكاثر لاجنسياً وجنسياً وسوف نقتصر على التكاثر في البكتيريا كمثال للتكاثر في البدائيات .

اولاً : التكاثر اللاجنسي في البكتيريا (Asexual Reprodution in Bacteria) .

تتكاثر البكتيريا لاجنسياً بالانشطار الثنائي (Binary Fission) ويمكن ايجازها بالآتي (شكل 3-4) :

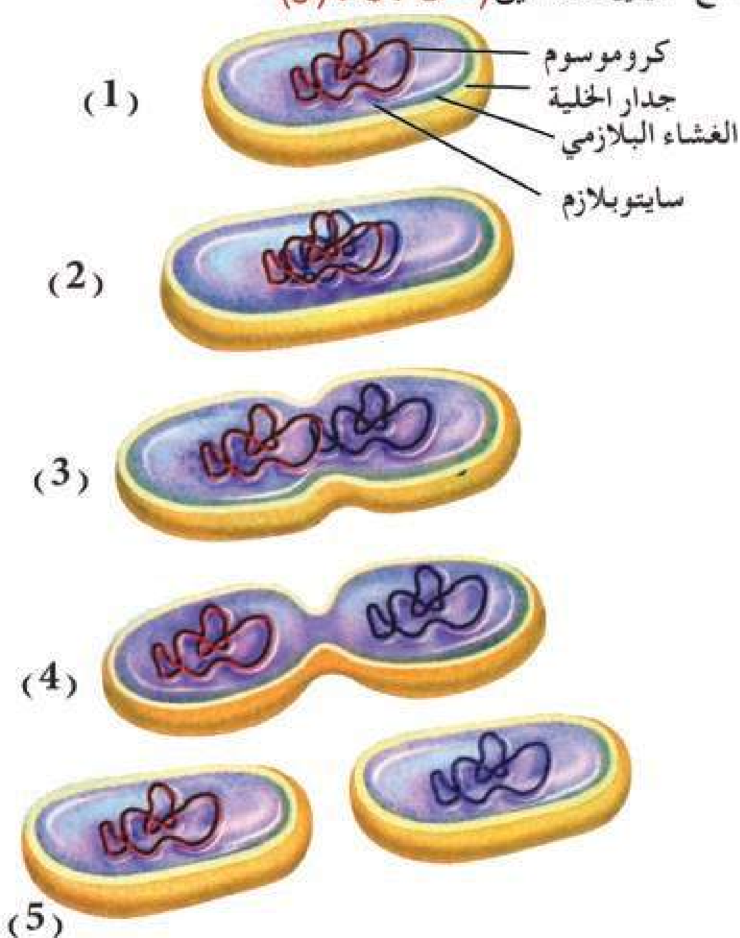
أ يحصل اتصال للكروموسوم البكتيري في مواقع معينة من غشاء الخلية (Plasma Membrane) مما يؤشر الى ان الخلية البكتيرية مهيأة للانقسام ، (شكل / 3-4 (1)) .

ب- تتهيأ الخلية البكتيرية لعملية الانشطار الثنائي وذلك بتوسع جدار الخلية وغشائها وبالتالي الخلية بأكملها (شكل / 3-4(2) .

جـ- ينتج تضاعف (DNA) الخلية كروموسومين متماثلين. وفي نفس الوقت يبدأ جدار الخلية وغشاؤها بالتخصر (شكل / 3-4(3) .

د- كنتيجة لاستطالة الخلية البكتيرية فأن الكروموسومين ينسحبان في اتجاهين متعاكسين ضمن الخلية ويتوزع السايتوبلازم في نفس الوقت ويزداد تخصر الخلية (شكل / 3-4(4) .

هـ- تنقسم الخلية لتنتج خليتين متماثلتين (شكل / 3-4(5) .



شكل (3-4) . التكاثر اللاجنسي في البكتيريا (الانشطار الثنائي) .

ثانياً : التكاثر الجنسي في البكتيريا (Sexual Reproduction in Bacteria) .

تتكاثر ، **البكتيريا** جنسياً بعملية الاقتران (Conjugation) الذي يحدث بين السلالات المختلفة لنوع واحد من **البكتيريا** ، فقد وجد العلماء انه عند دمج سلالتين مختلفتين من **بكتيريا القولون** (*E.coli*) في وسط زرعي واحد ظهرت سلالة جديدة تختلف وظيفياً عن السلالتين اللتين تم دمجهما ، واستنتجوا ان نوعاً من الاتحاد الجيني قد حدث بين الخليتين **يتمثل** باعادة الخلط (Recombination) .

تتم عملية الاقتران في البكتيريا وفق الآتي :

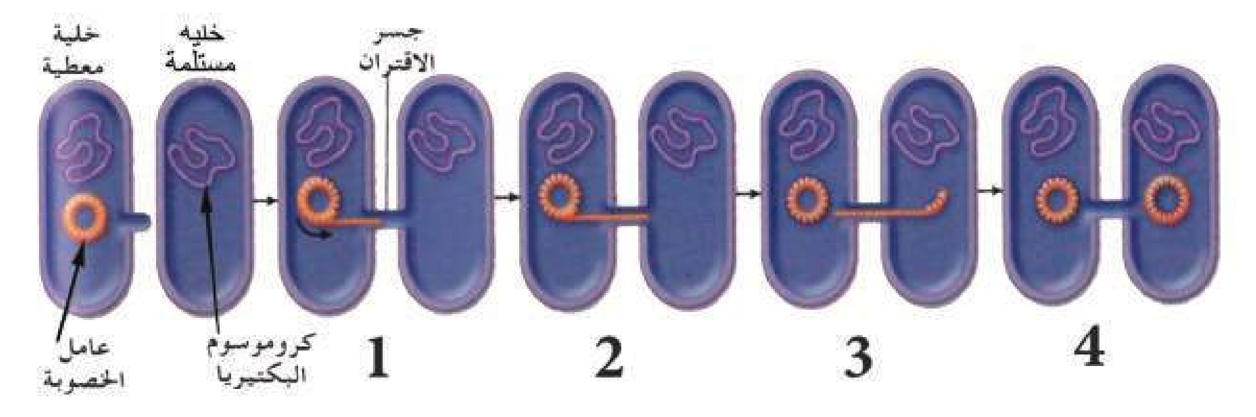
1 تتم عملية الاقتران بين خليتين الاولى هي الخلية المعطية (Donor Cell) و تحتوي عامل الخصوبة (Fertility Factor) المتمثل بجزيئات من (DNA) في سايتوبلازم الخلية المعطية كما تحوي الخلية زوائد يطلق عليها بالاهلاب (اهلاب الاقتران او الاهلاب الجنسية) وهي تبرز الى السطح وتصبح الخلية البكتيرية خلية ذكرية معطية ، اما الخلية الثانية فهي الخلية المستلمة (Reciepient Cell) وهذه لا تحتوي عادة على عامل الخصوبة ولا على اهلاب الاقتران وتكون بمثابة خلية انثوية .

2 عند ملامسة هلب الاقتران سطح الخلية المستلمة يصبح جسر اقتران يعمل على تواصل بروتوبلازم الخليتين البكتيريتين .

3 ينغرز عامل الخصوبة في كروموسوم الخلية المعطية ويصبح جزءاً منه .

4 ينكسر احد شريطي كروموسوم الخلية المعطية في موقع معين ويبدأ بالحركة وانتقال جزء من كرموسوم الخلية البكتيرية المعطية الى الخلية المستلمة عبر جسر الاقتران وتبقى الخلية المعطية كما هي دون نقصان في مادتها الوراثية حيث يُتمم الشريط الذي انفصل جزء منه نفسه في الخلية المعطية . والقطعة الكروموسومية المنتقلة الى الخلية المستلمة لاتزيد حجم الكروموسوم الموجود اصلاً وتحل محل جزء مساو لها . ان هذاالنوع الخاص من التكاثر الجنسي غير اعتيادي كون الفرد الجديد لايستلم مجموعة جينية كاملة من الخليتين الاصليتين .

ويحصل الاقتران في البكتيريا ايضاً عندما ينتقل البلازمد (plasmid) او عامل الخصوبة (قطعة دائرية صغيرة من DNA) من الخلية المعطية الى المستلمة التي لا تحتوي البلازمد ويتم النقل عبر جسر الاقتران بين الخليتين وفي النهاية تصبح كلا الخليتين حاوية على عامل الخصوبة (شكل 3 - 5) .



(شكل 3-5) . الاقتران البكتيري في بكتيريا القولون

3-6. التكاثر في الطليعيات (Reproduction in Protista) .

تضم الطليعيات العديد من الكائنات الحية وحيدة الخلية وسوف ندرس التكاثر في الكلاميدوموناس (Chlamydomonas) واليوغلينا (Euglena) والبراميسيوم (Paramecium) كمثال للطليعيات .

3-6-1 . التكاثر في الكلاميدوموناس (Reproduction in Chlamydomonas) .

الكلاميدوموناس كائن حي وحيد الخلية من الطحالب الخضر ، وهو يعيش في البرك والمستنقعات والبحيرات . تتميز الخلية الخضرية لهذا الكائن بأمتلاكها سوطين ، وتكون محاطة بجدار سيليلوزي سميك وتحتوي على بلاستيدة خضراء واحدة كوبية الشكل يتكاثر الكلاميدوموناس تكاثراً لا جنسياً وجنسياً .

اولاً : التكاثر اللاجنسي .

تتم عملية التكاثر اللاجنسي من خلال تكوين اثنين الى ثمانية او ربما ستة عشر من الابواغ المتحركة سابحة (Zoospores) بعمليات انقسام تتم داخل الخلية ضمن الجدار السيليلوزي للخلية الاصلية تنطلق الابواغ حرة بعد تمزق الجدار الخلوي الاصلي للخلية الام وتنمو الى خلايا خضرية مستقلة سابحة في الماء (شكل 3-6)

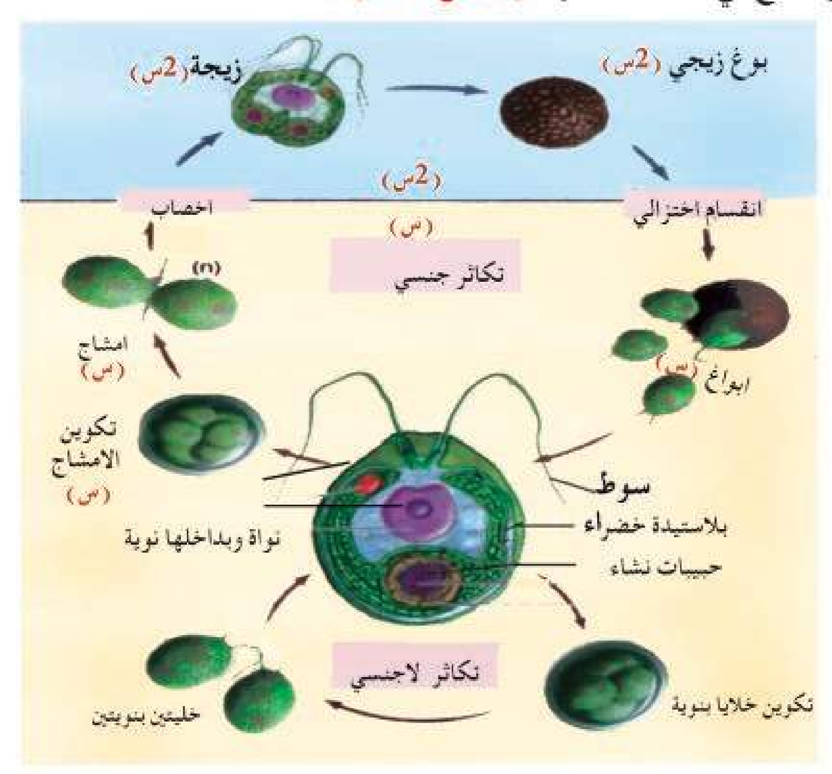
ثانياً : التكاثر الجنسي .

يتم التكاثر الجنسي في الكلاميدوموناس عادة عندما تكون ظروف المعيشة غير مناسبة وكالاتي :

1. ينقسم الكلاميدوموناس الذي يكون احادي المجموعة الكروموسومية (س) اعتيادياً عدة انقسامات متتالية ليتكون (16-32) فرداً داخل جدار الخلية الاصلي . وتكون الافراد الناتجة مشابهة للكلاميدوموناس الام ولكنها اصغر منه بكثير وتدعى بالامشاج المتشابهة (Isogametes) .
2. يتمزق الجدار الخلوي للخلية الام وتتحرر الامشاج المتشابهة الى الماء ومن ثم تتحد مع امشاج اخرى ناتجة بنفس الطريقة من خلية كلاميدوموناس من سلالة اخرى .
3. يتكون نتيجة اتحاد الامشاج الزيجة (زايكوت Zygote) ثنائية المجموعة الكروموسومية (2س) وتكون رباعية الاسواط تسبح لفترة من الوقت في الماء ثم تفقد اسواطها وتحاط بجدار سيليلوزي سميك لكي تستطيع مقاومة الظروف البيئية غير المناسبة ويدعى عند ذلك بالبوغ الزيجي (Zygospore) .

4 يستعيد البوغ الزيجي نشاطه عند ملائمة الظروف البيئية ، ويعاني انقساماً اختزالياً لتتكون اربعة ابواغ احادية المجموعة الكرموسومية (س) .

5 ينشق الجدار المحيط فتتحرر الابواغ الاربعة الجديدة المشابهة للخلية الام ،فتنمو وتسلك سلوك الكائن البالغ في فعالياته الحيوية (شكل 3-6) .



شكل (3-6) . التكاثر في الكلاميدوموناس .

3-6-2 . التكاثر في البراميسيوم (Reproduction in Paramecium) .

البراميسيوم من الطليعيات الهدبية وهو ينتشر في البرك والمياه الراكدة المحتوية على النباتات المائية ، والمواد العضوية المتحللة .

اولاً : التكاثر اللاجنسي .

يتكاثر البراميسيوم لاجنسياً بالانقسام الثنائي (Binary Fission) المستعرض وكالآتي (شكل 3-7) :

1 يبدأ الانقسام بأنقسام النواة الصغيرة (Micronucleus) انقسام اعتيادياً .

2 مع انقسام النواة الصغيرة الى نواتين تتجه كل منهما الى طرف متضاد من اطراف البراميسيوم وفي نفس الوقت تستطيل النواة الكبيرة (Macronucleus) ويظهر برعم الفم الخلوي (Cytostome) .

3 تنقسم النواة الكبيرة انقساماً مباشراً الى نواتين وتتجهان الى طرفي الخلية (البراميسيوم). يتكون اخدود فمي جديد وتظهر فجوتان متقلصتان جديدتان كما يحصل تخصر في جسم البراميسيوم ليقود الى الانقسام .

4 ينقسم البراميسيوم الى براميسيومين بنويين (جديدين) .

شكل (3-7) الانقسام او الانشطار الثنائي في البراميسيوم

ثانياً : التكاثر الجنسي .

يتكاثر البراميسيوم جنسياً بطريقتي الاقتران (Conjugation) والاخصاب الذاتي (Autogamy) .

(أ) الاقتران (Conjugation) .

تتم عملية الاقتران في البراميسيوم كالآتي (شكل 3-8) :

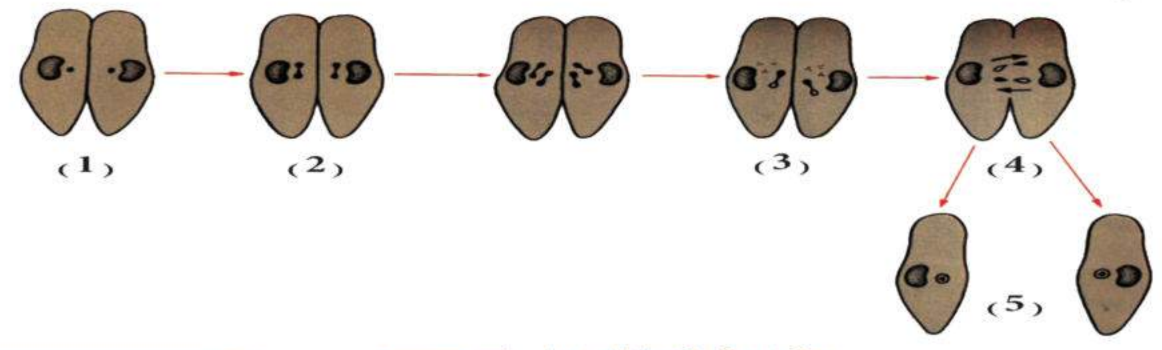
1 يتقابل فردان من النوع نفسه ولكنهما من سلالتين مختلفتين ويكون تماسهما من الجهة التي يقع فيها الاخدود الفمي ويبقيان ملتصقين وقتا قصيرا، فيتكون عندها جسر بروتوبلازمي بينهما وهو وقتي لغرض عبور او تبادل مواد كروموسومية .

2 تبدأ النواة الصغيرة في الكائنين عملية الانقسام حيث تنقسم انقساماً اختزالياً (Meiosis) ينتج عنه اربعة نوى يحوي كل منها نصف العدد الكامل للكروموسومات (س).

3 تنحل وتختفي ثلاثة نوى منها والنواة الرابعة المتبقية تنقسم انقساماً اعتيادياً غير متساوياً الى نواتين اوليتين يحوي كل منهما نصف العدد الكامل للكروموسومات (س) تتماثلان بنواة اولية ذكرية واخرى انثوية .

4 تتبادل الانوية الذكرية في الكائنين المقترنين وتتحد مع الانوية الانثوية لتتكون النواة المندمجة التي تحوي العدد الكامل من الكروموسومات (2س) .

5 ينفصل الفردان المقترنان ، وينقسم كل منهما انقسامين اعتياديين ليتكون من كل منهما اربع براميسيومات بنوية (جديدة) .



شكل (3-8) الاقتران في البراميسيوم .

(ب) الاخصاب الذاتي (Self-fertilization or Autogamy) .

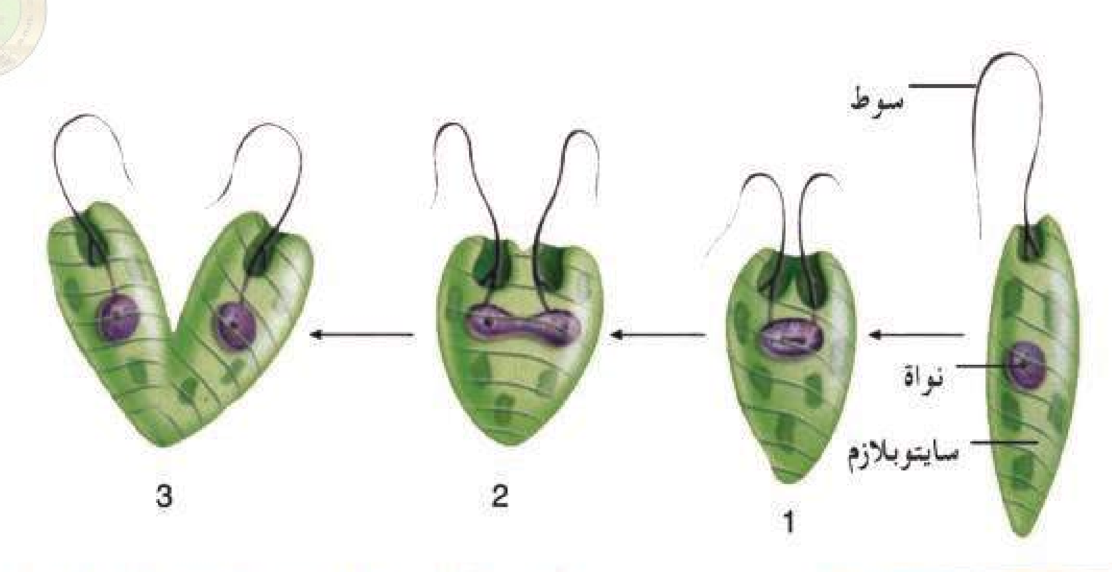
تشبه عملية الاخصاب الذاتي الاقتران المذكور اعلاه ، **فيما عدا** عدم حصول عملية تبادل للانوية ، حيث ان النواتين الصغيرتين الاوليتين اللتان تحتويان نصف العدد الكامل من الكروموسومات تتحدان لتكونا معاً نواة مندمجة **متماثلة** (Synkaryion) اي تكون **متماثلة** بالعوامل الوراثية (Homozygous) وليست متباينة العوامل الوراثية (Heterozygous) ، كما هو الحال في الاقتران .

3-6-3 . التكاثر في اليوغلينا (Reproduction in Euglena) .

اليوغلينا من الطليعيات السوطية (ذات اسواط) تتواجد في البرك ومجاري المياه العذبة التي تتوافر فيها النباتات .توجد اليوغلينا في حالة حرة او متكيسة في حالة الظروف غير الملائمة .

تتكاثر اليوغلينا بالانقسام الثنائي الطولي ويحصل هذا الانقسام في الطور حر السباحة وفي الطور المكيس وكالآتي :

1. تنقسم النواة انقسام خيطياً اعتيادياً ، ويتكون سوط اضافي .
2. ينقسم السايتوبلازم طولياً وبشكل تدريجي لحين انفصال القسمين بالكامل ليتكون فردان جديدان (شكل 3-9) . والتكاثر الجنسي غير معروف في اليوغلينا .



شكل (3-9) . الانقسام او الانشطار الطولي في اليوغلينا .

3-7. التكاثر في الفطريات (Reproduction in Fungi) .

يضم عالم او مملكة الفطريات اكثر من مائة الف نوعاً ويعتقد ان هناك عدد مماثل لم يشخص بعد وكانت الفطريات سابقاً تعتبر من الاشكال النباتية حيث تتشابه مع النباتات في مميزاتها التكاثرية وطرق نموها وكيميائها الحياتية ، الا انه وجد فيما بعد انها تختلف عن النباتات في الكثير من النواحي ، حيث تفتقد الفطريات صبغات البناء الضوئي وهي بذلك غير ذاتية التغذية كما ان ستراتيجياتها الغذائية تختلف عن ستراتيجيات النباتات .

سندرس التكاثر في عفن الخبز الاسود كنموذج للتكاثر في الفطريات .

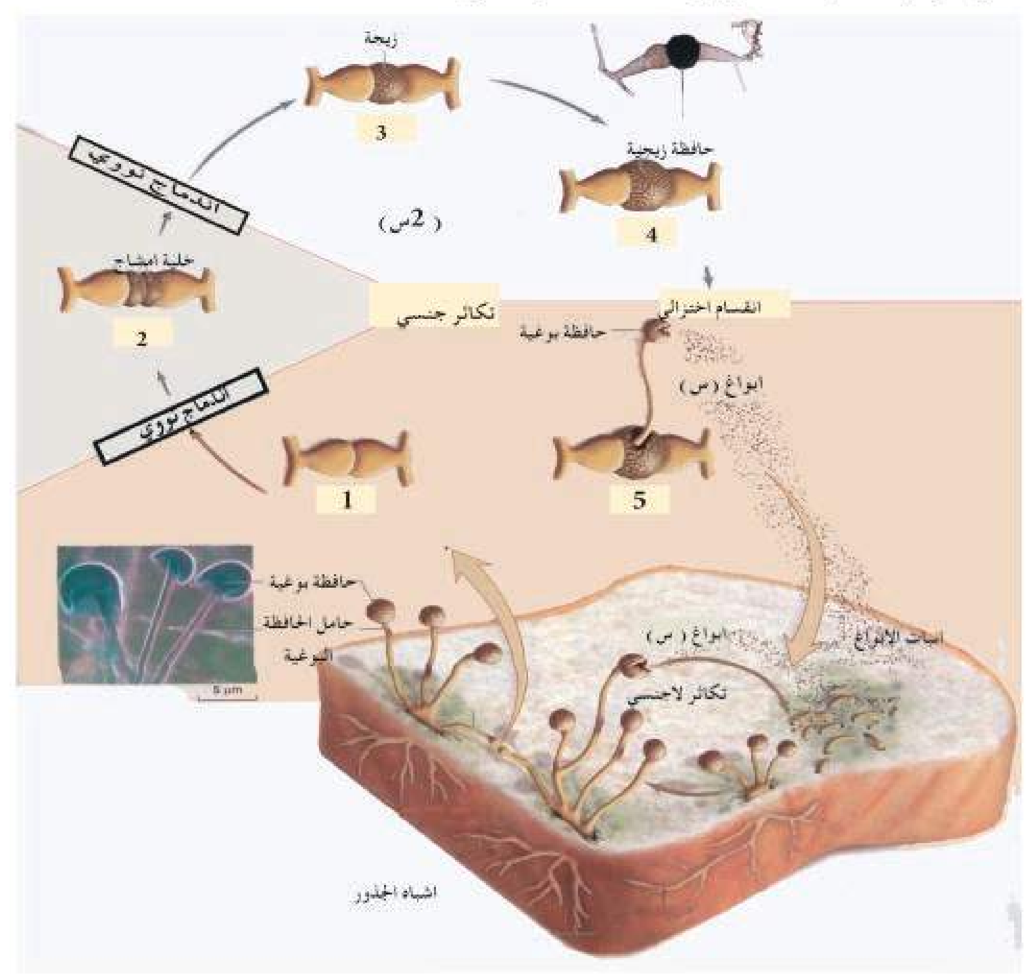
التكاثر في عفن الخبز الاسود (Reproduction in Black Bread Mold) .

ينتمي عفن الخبز الاسود الى الفطريات اللاقحية (Zygomycota) التي تضم حوالي **1050** نوعٍ من الفطريات وتتم عملية التكاثر اللاجنسي والجنسي في عفن الخبز الاسود شكل(3-10) كالآتي :

1. يحصل تماس واندماج بين الخيوط الفطرية او الهايفات (Hyphae) التي تحتوي نوى مختلفة موجبة واخرى سالبة ، يتبعه اندماج سايتوبلازمي .
2. تتكون خلية الامشاج (Gametangium) المحتوية على النوى السالبة والموجبة في نهاية كل هايفة ثم يحصل اندماج نووي (اندماج للنواتين) .
3. تندمج الخلايا المشيجية ، وزوج الانوية ثم تلتحم لتكون الزيجة او الزايكوت (Zygote) .

4 يتكون جدار سميك حول الزايكوت. وتحصل عملية انقسام اختزالي (**Meiosis**) .

5 ينموحامل الكيس او الحافظة البوغية (**Sporangiophore**) وتنشق الحافظة البوغية (**Sporangium**) لتتحرر الابواغ (**Spores**) التي تكون حاوية على نصف العدد الكامل للكروموسومات كونها نتجت من انقسام اختزالي. وعندما تتساقط على مادة غذائية (قطعة من الخبز الرطب مثلاً) تبدأ دورتها اللاجنسية وتتكرر العملية .

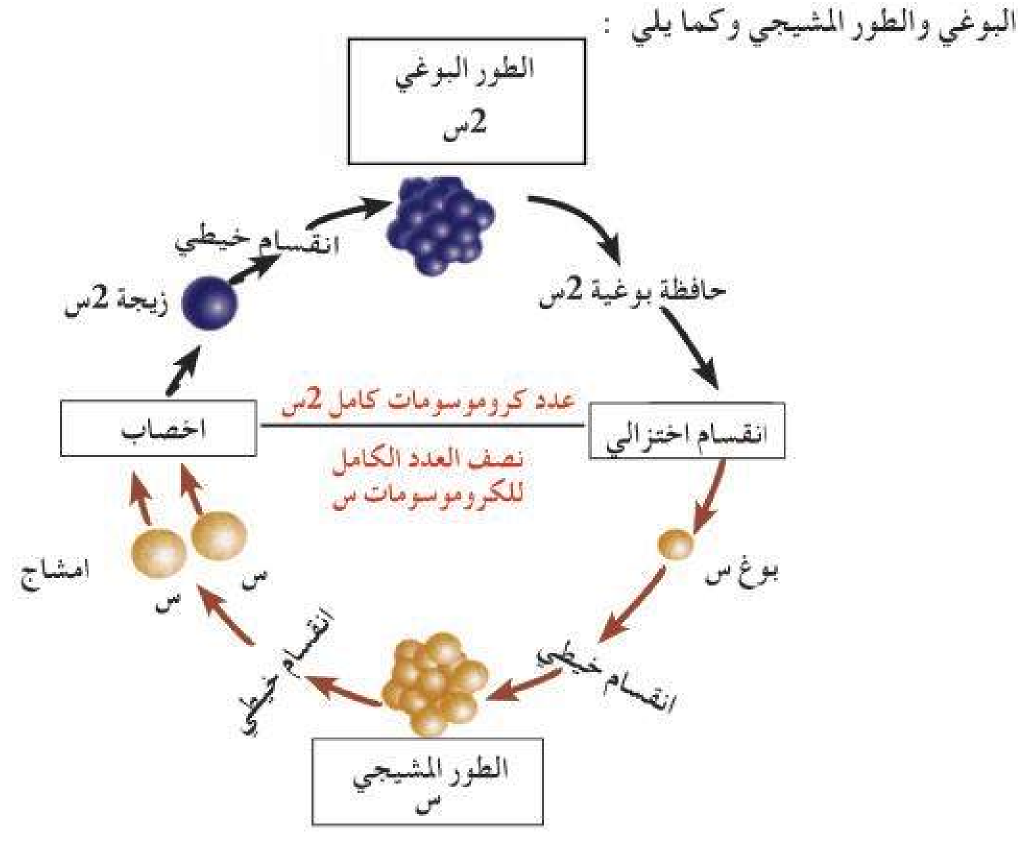


شكل (3-10) . التكاثر في عفن الخبز الاسود **Rhizopus stolonifer** (للاطلاع) .

3-8. التكاثر في النباتات (Reproduction in Plants) .

تضم مملكة النبات احياء حقيقية النوى متعددة الخلايا ذاتية التغذية . ويعتقد ان النباتات الارضية قد انحدرت من سلف كان موجود في المياه العذبة ممثلاً بأنواع الطحالب الخضر التي كانت موجودة قبل **500** مليون سنة مضت ، ويرى العلماء ان الدليل على هذا الانحدار يتمثل بكون كلاهما يمتلك الكلوروفيل فضلاً عن انواع مختلفة لصبغات اضافية ، وانهما يخزنان الزائد من الكاربوهيدرات بشكل نشاء ، كما ان جدران الخلية فيهما يحوي سيليلوز .

تتضح في مملكة النباتات ظاهرة تعاقب الاجيال (Alternation of Generations) (شكل 3-11) وهي ظاهرة واضحة في تكاثر النباتات ، وتعني ان دورة حياة النبات الكاملة تمر في طورين هما الطور البوغي والطور المشيجي وكما يلي :



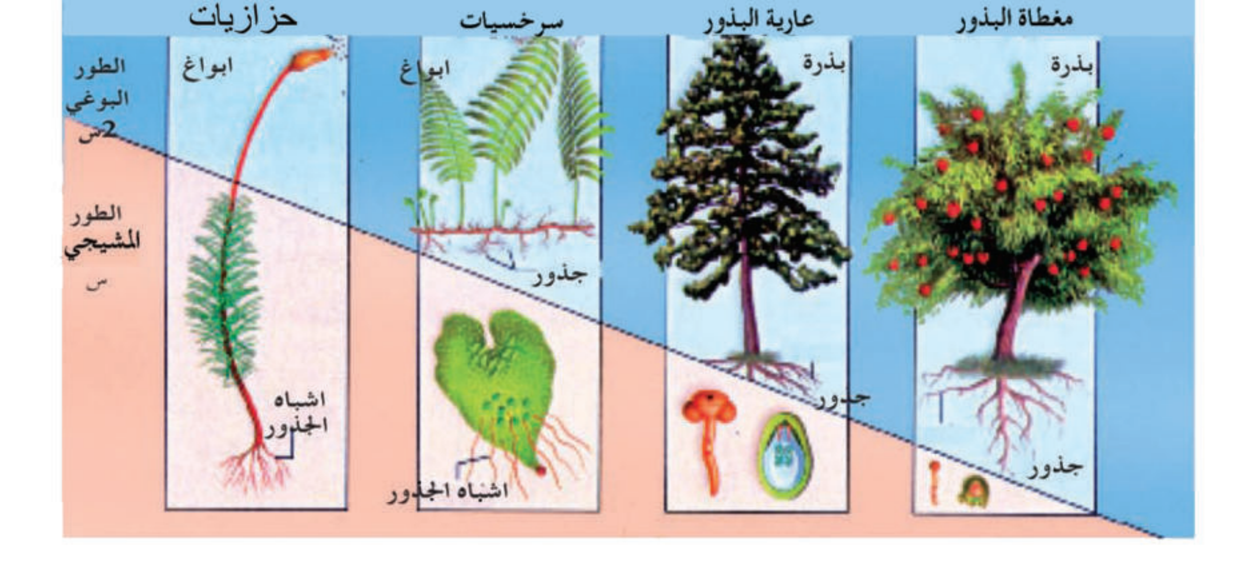
شكل (3-11) . تعاقب الاجيال في تكاثر النبات .

(1) الطور البوغي (Sporophyte) :

وهو الطور اللاجنسي الذي تنتج فيه الابواغ وتكون خلاياه ذات عدد كروموسومي كامل (2س) وعندما ينضج هذا الطور تعاني بعض خلاياه وهي الخلايا الام للابواغ عملية انقسام اختزالي وتتكون نتيجة هذا الانقسام ابواغ ذات نصف العدد الكامل من الكروموسومات (س) ، وهذه الابواغ هي التي تحدد بدء الطور المشيجي (Gametophyte) .

(2) الطور المشيجي (Gametophyte) :

وهو الطور الجنسي وتنتج فيه الامشاج . وبعد الاخصاب الذي يتم بين الامشاج الذكرية والانثوية يبدأ الطور البوغي وهكذا تتعاقب الاجيال . ولابد من الاشارة الى انه كلما تقدمنا في سلم تطور النبات نجد ان حجم الطور المشيجي يظهر اختزالاً ويصل قمة الاختزال في النباتات الزهرية .
(شكل 3-12) .



شكل (3-12) الاختزال في حجم الطور المشيجي (للاطلاع) .

ان حجم الطور المشيجي يختزل ويزداد حجم الطور البوغي في النباتات الارضية الموجودة حالياً وهذا حصل لكون النباتات اصبحت متكيفة للحياة على الارض وكلما زاد التكيف للحياة على الارض حصلت زيادة في حجم الطور البوغي من النبات يقابله نقصان في حجم الطور المشيجي اي يختزل .

> سندرس في تكاثر النبات ثلاثة امثلة الاول للتكاثر في الحزازيات (**Mosses**) والثاني للتكاثر في السرخسيات(**Ferns**) والثالث في نبات زهري .

(1) التكاثر في الحزازيات مثالها (بوليتراكم) (Reproduction in Polytrichum)

التكاثر بالطورين البوغي والمشيجي في البوليتراكم وهو من الحزازيات التي تمثل اكبر شعب النباتات اللاوعائية وتضم اكثر من (15000) نوعاً كالاتي (شكل 3-13) :

- **في الطور المشيجي الناضج يحمل الساق الورقي اما انثريديا (Antheridia) وهي حافظة مشيجية ذكرية او اركيكونيا (Archegonia)وهي حافظة مشيجية انثوية وكلاهما يحمل امشاج .**
- **تخرج الامشاج الذكرية من الحافظة المشيجية الذكرية الى الخارج سابحة في الماء لتصل الى الحافظة المشيجية الانثوية (اركيكونيوم) وتحصل عملية الاخصاب باندماج النواة الذكرية مع الانثوية .**
- **جـ بعد عملية الاخصاب تتكون الزيجة او الزايكوت ويتكون الطور البوغي داخل الحافظة المشيجية الانثوية (اركيكونيوم) .**

د- يكتمل النسيج البوغي وله حامل وحافظة عليا هي حافظة الابواغ (Sporangium) وفيها تحصل عملية انقسام اختزالي وتنتج الابواغ (Spores) التي تكون ذات نصف عدد الكروموسومات الكامل (س) .

هـ- تتحرر الابواغ بعد ان يفتح غطاءها بفعل الرياح ثم تنتشر الابواغ مع تيار الرياح .

و- تنبت الابواغ الى خيوط اولية (Protonema) ذكرية او انثوية وهذه تمثل اول مرحلة من مراحل الطور المشيجي الذكري او الانثوي .



شكل (3-13) . التكاثر في الحزازيات (تكاثر بوليتراكم) (للاطلاع) .

(2) التكاثر في السرخسيات (Reproduction in Ferns) .

يتم التكاثر في السرخسيات وهي من النباتات الوعائية عديمة البذور وتضم اكثر من (1150) نوعاً بالطورين البوغي والمشيجي (شكل 3 - 14) كالآتي :

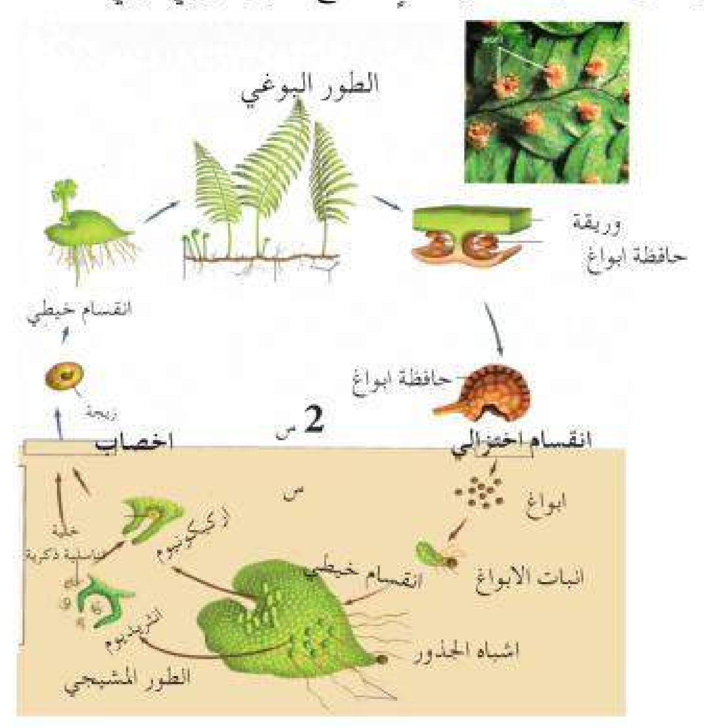
أ- الطور البوغي (Sporophyte) هو الطور السائد في السرخسيات . والحافظة البوغية تتخذ موقعاً على السطح السفلي للاوراق .

ب- تكون الابواغ داخل الحافظة البوغية ذات نصف العدد الكامل من الكروموسومات (س) كونها ناتجة من انقسام اختزالي وتتحرر الابواغ عندما تفتح الحافظة البوغية .

ج -تنمو الابواغ الى طور مشيجي ممثلاً بالثالوس الاولي (**Prothalus**) الذي يعرّف بأنه تركيب قلبي الشكل اخضر اللون يحمل اركيكونيوم (**Archegonium**) وهي الحافظة المشيجية الانثوية والانثريديوم (**Antheridium**) وهي الحافظة المشيجية الذكرية وينمو من طرفه المدبب اشباه الجذور .

د- يحصل الاخصاب بوجود الرطوبة حيث تسبح النطف في الماء لتصل الى البيضة ضمن الاركيكونيوم .

هـ- يتكون الزايكوت نتيجة عملية الاخصاب ، وهو يتكون داخل الاركيكونيوم وتظهر اول ورقة فوق الثالوس الاولي ويتكون الجذر تحته ، وعندئذٍ يصبح الطور البوغي مرئي .



شكل (3 – 14) . التكاثر في السرخسيات (البوليبوديوم) (للاطلاع) .

(3) التكاثر في النباتات الزهرية (Reproduction in Flowering Plants) .

تمثل الزهرة عضو التكاثر في النباتات الزهرية حيث ان استمرار بقاء النباتات يعتمد على الفعالية التكاثرية للازهار والزهرة عبارة عن غصن متخصص يحمل اوراقاً محورة ومتخصصة للقيام بعملية التكاثر الجنسي وتكوين الثمار والبذور ، للزهرة اجزاء ترتبط مباشرة بعملية التكاثر (اساسية) واخرى يكون ارتباطها غير مباشر (غير اساسية) تنشأ الازهار من البراعم اسوة بالفروع الخضرية الا انها تختلف عنها في عدم استطالة سلامياتها ، ولذلك نجد الاعضاء الزهرية تبدو متقاربة معاً وليست مفصولة بسلاميات واضحة على المحور الزهري .

تتألف الزهرة من اربعة اجزاء (شكل 3 – 15) هي :



شكل (3 – 15) . تركيب الزهرة .

(1) الاوراق الكأسية (Sepals) :

تسمى بمجموعهاالكاس (**Calyx**) ، وهي تحمي برعم الزهرة قبل انفتاحه . وتكون الاوراق الكأسية في الغالب خضراء اللون الا انها قد تكون ملونة احياناً ، وتبقى متصلة بالتخت .

(2) الاوراق التويجية (Petals) :

تسمى بمجموعها التويج (**Corolla**) ، وتكون متباينة بدرجة كبيرة في حجمها وشكلها ولونها باختلاف النباتات . عدد الاوراق التويجية في الغالب يكون بنفس عدد الاوراق الكأسية او مضاعفاتها فعلى سبيل المثال نجد ان لزهرة السوسن (**Iris**) ثلاثة اوراق كأسية وثلاثة تويجية في حين يكون عدد الاوراق التويجية في الروز اضعاف مضاعفة لعدد الاوراق الكأسية . وتتلخص اهميتها في كونها جاذبة للحشرات التي تعمل على تلقيح النباتات .وكلا الاوراق الكأسية والتويجية ليس لها دور مباشر في عملية التكاثر الجنسي وتكوين البذور .

(3) الاسدية (Stamens) :

تمثل الاجزاء الذكرية في الزهرة وتتكون من جزءين هما : المتك (Anther) وهو عبارة عن تركيب كيسي اسطواني او بيضوي الشكل توجد داخله حبوب اللقاح ، والجزء الثاني هو الحامل الاسطواني الرفيع او الخيط (Filament) الذي يحمل المتك .

الاسدية غالباً ماتكون سائبة ، الا انها قد تكون ملتحمة الخيوط او ملتحمة المتوك ، وعدد الاسدية متباين ضمن الانواع المختلفة من النباتات .

(4) المدقة (Pistil) :

تمثل الاجزاء الانثوية في الزهرة وتتألف من ثلاثة اجزاء هي :

(أ) المبيض (Ovary) :

هو جزء المدقة القاعدي الذي يتمثل بتركيب منتفخ تتكون بداخله البويضات (Ovules) المرتبطة بجدار المبيض عن طريق عنق قصير يسمى بالحبل السري (Funiculus) .

(ب) القلم (Style) :

يتمثل بتركيب اسطواني رفيع ومجوف عادة يربط المبيض بالجزء العلوي الذي يدعى الميسم .

(ج) الميسم (Stigma) :

يمثل الجزء النهائي او القمي من المدقة ويكون منتفخاً قليلاً وفي اغلب الاحيان يكون ذو اهداب او خشن الملمس واحياناً مغطى بسائل لزج لتسهيل عملية التصاق حبوب اللقاح عليه ولابد من الاشارة الى ان الاجزاء الزهرية المشار اليها في اعلاه لاتتماثل في جميع النباتات الزهرية فهناك اختلاف في ازهار النباتات ذوات الفلقة الواحدة عن تلك من ذوات الفلقتين فضلاً عن وجود تباينات ضمن المجموعة الواحدة فيمايخص تركيب الزهرة والجدولين (3 – 1 ، 3 – 2) يوضحان بعض اوجه التباين المشار اليها في اعلاه .

جدول (3 – 1) . مقارنة بين نباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين .

نبات ذو فلقة واحدة	نبات ذو فلقتين
– ذو ورقة جنينية واحدة	ذو ورقتين جنينيتين
– اجزاء الزهرة ثلاثية او مضاعفات الثلاثة	اجزاء الزهرة رباعية او خماسية او مضاعفات الاربعة او الخمسة
– حبة اللقاح ذات ثقب واحد	حبة اللقاح ذات ثلاثة ثقوب
– غالباً عشبية	عشبية او خشبية
– تعرق الاوراق متوازي	تعرق الاوراق شبكي
– الجذر ليفي	الجذر وتدي

جدول (3-2) بعض المصطلحات الزهرية التي تظهر التباين في الازهار.

الصفة	الزهرة
زهرة كاملة (**Complete**) .	توجد في الزهرة جميع الاجزاء الاربعة (الكأس والتويج والاسدية والمدقة) .
زهرة غير كاملة (**Incomplete**) .	تفتقد جزء واحد او اكثر من اجزاء الزهرة الاربعة
زهرة تامة (**Perfect**) ويطلق عليها ايضاً زهرة خنثية (**Hermaphrodite**) او ثنائية الجنس (**Dioecious**) .	تمتلك اسدية ومدقة .
زهرة غير تامة (**Imperfect**) او احادية الجنس (**Monoecious**) .	تمتلك اسدية وحدها او مدقة وحدها وليس الاثنين معاً
زهرة **عقيمة** (**Sterile**) .	ليس لها اسدية ومدقة .
انتظام الازهار (**Inflorescence**) .	الازهار بشكل حزم .
زهرة مركبة (**Composite**)	تظهر الازهار بشكل زهرة واحدة (مفردة) ولكنها تتكون من مجموعة من الازهار **الصغيرة** .

وفيما يأتي ايجاز لعملية التكاثر في نبات زهري من خلال التعرف على دورة حياة النبات (شكل 3-16) :

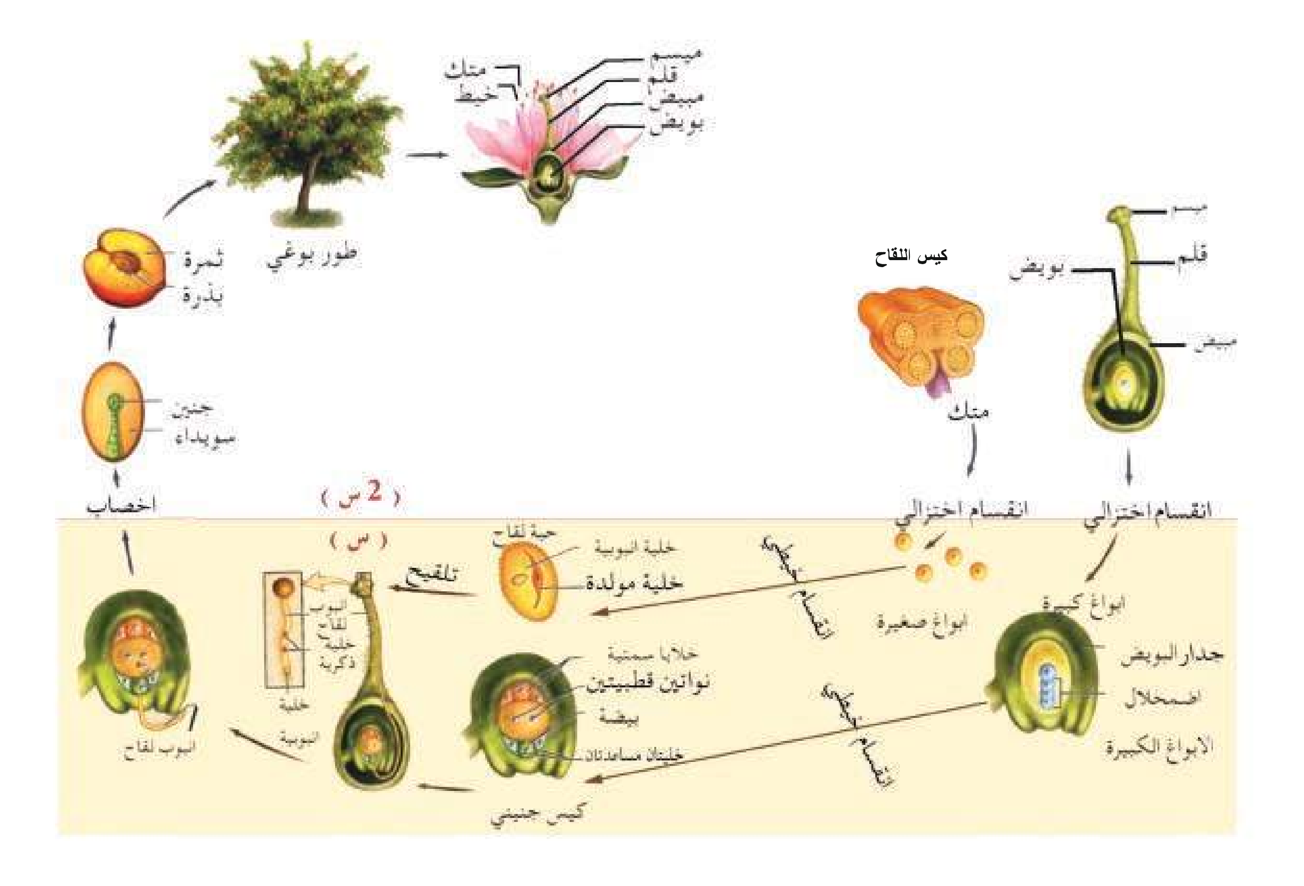
اولاً: تكوين حبوب اللقاح والبويضات

(1) المتك وتكوين حبوب اللقاح .

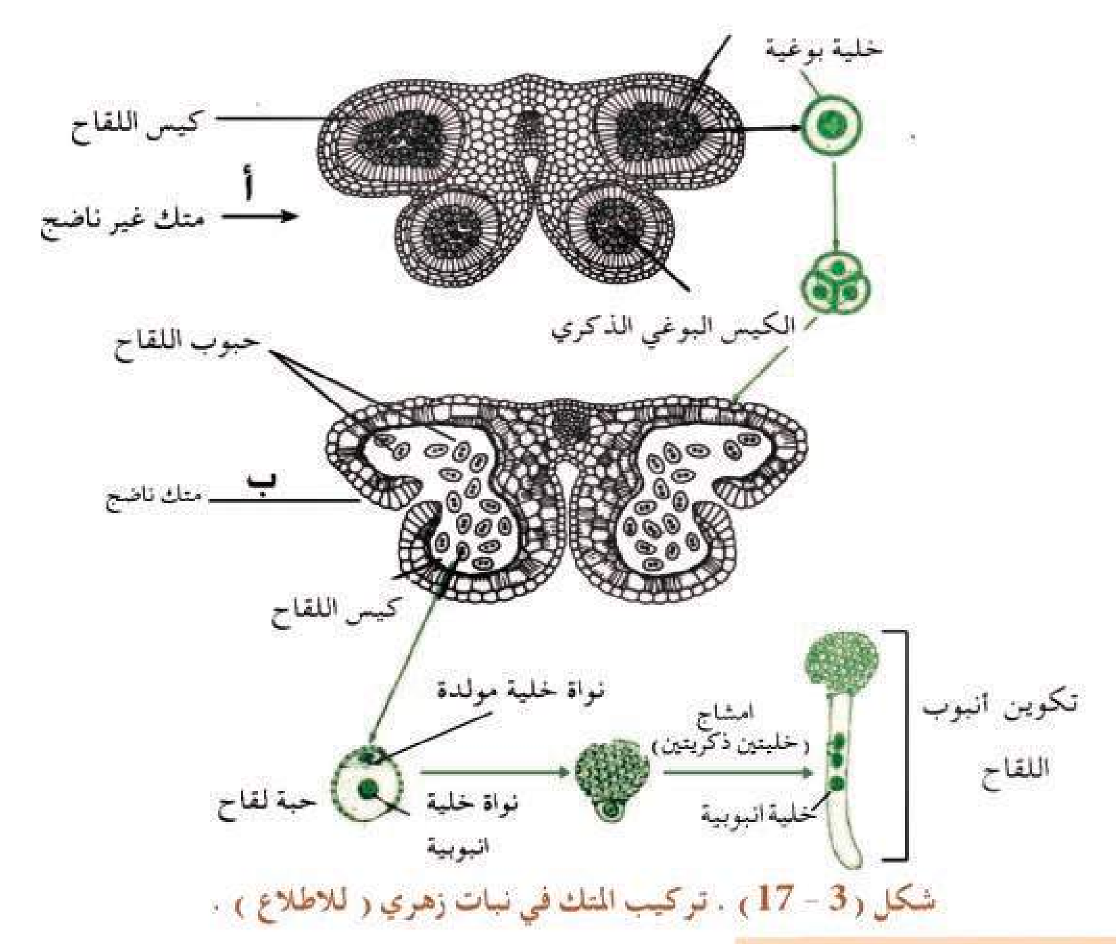
يتألف المتك من فصين متطاولين يربط بينهما نسيج حشوي يمتد من قاعدة المتك حتى قمته ويحيط النسيج الرابط بحزمة وعائية . يتألف كل فص من فصوص المتك من ردهتين يطلق على كل منهما بكيس اللقاح (Pollen Sac) او حافظة الابواغ الصغيرة (Microsporangium) . تحتوي اكياس اللقاح على حبوب اللقاح (Pollen Grains) ، وعند نضج المتك تنحل خلايا

النسيج الرابط التي تفصل بين ردهتي الفص الواحد. وتصبح ردهة واحدة مفتوحة الى الخارج عن طريق شق طولي خارجي (شكل 3–16) وبذلك تصبح حبوب اللقاح معدة للانتشار الى الخارج تحتوي اكياس اللقاح في البداية على الخلايا الام للابواغ الصغيرة والتي تكون ثنائية المجموعة الكروموسومية (2س) ، وتمر الخلايا الام للابواغ الصغيرة بعملية انقسام اختزالي ينتج عنه اربعة ابواغ صغيرة (Microspores) والتي تكون احادية المجموعة الكرموسومية (س) (شكل 3 - 17) تنفصل الابواغ الصغيرة الاربعة بعضها عن بعض وتتخذ شكلاً مميزاً حسب نوع النبات .

تنقسم نواة البوغ الصغيرة انقساماً اعتيادياً وتحاط كل من النواتين الناتجتين بالسايتوبلازم مكونة خلية انبوبية (Tube Cell) وخلية مولدة (Generative Cell) يطلق عليها في هذه المرحلة حبة اللقاح وهي تمثل الطور المشيجي الذكري غير الناضج (شكل 3 - 17) . تنتشر حبوب اللقاح من المتك الى الخارج بأعداد تقدر بالمئات من كل متك. وتكون حبة اللقاح محاطة بجدار سميك ذي اشواك او اهداب او يكون خشناً ويتخذ اشكالاً مختلفة حسب نوع النبات ويحوي عدداً من المناطق الرقيقة تدعى ثقوب الانبات .



شكل (3 - 16) . دورة حياة نبات زهري وتتضح من خلاله مراحل تكوين حبوب اللقاح والبويضات (للاطلاع) .



شكل (3 - 17) . تركيب المتك في نبات زهري (للاطلاع) .

(2) المبيض وتكوين البويضات

تتألف المدقة بضمنها المبيض من ورقة كربلية ملتحمة واحدة او اكثر وتمثل هذه الورقة او الاوراق الكربلية اوراق الابواغ الكبيرة (**Megasporophylls**) ، في حين تمثل البويضات المرتبطة بجدار المبيض حوافظ الابواغ الكبيرة (**Megasporangia**) .

يبدأ نمو البويض بشكل نتوء صغير يدعى الجويزاء (**Nucellus**) متصل بجدار المبيض عن طريق الحبل السري ، ويكون محاطاً بغلاف او غلافين من خلايا حشوية تدعى اغلفة البويض ، وتنمو هذه الاغلفة من قاعدة الجويزاء وتحيط احاطة تامة بالبويض باستثناء منطقة القمة حيث تترك فتحة صغيرة جداً تدعى فتحة النقير (**Micropyle**) . تتولد داخل الجويزاء خلية معقدة تعرف بالخلية الام للابواغ الكبيرة (**Megaspore Mother**) ، وهي تمر بأنقسام اختزالي لتكوين اربعة ابواغ كبيرة (**Megaspores**) احادية المجموعة الكروموسومية (س) مرتبة في صف واحد .

تضمحل ثلاثة ابواغ كبيرة ويبقى الرابع ليكون بوغاً فعالاً كبيراً، وهو يمثل الطور المشيجي الانثوي غير الناضج وهو يسمى في حالة مغطاة البذور بالكيس الجنيني (**Embryo Sac**) ، ويزداد في الحجم بزيادة الكتلة السايتوبلازمية والنواة، بحيث يحتل الجزء الاكبر من البويض .

- تعاني نواة الكيس الجنيني ثلاثة انقسامات اعتيادية متتالية ينتج عنها ثمان نوى داخل الكيس الجنيني ، تنتظم ثلاث نوى بالطرف القريب من النقير وثلاث في الطرف المقابل من الكيس الجنيني وتبقى اثنتان في المركز .
- تحاط نوى الطرف النقيري الثلاث بأغشية خلوية مكونة خلايا تمثل الوسطى منها خلية البيضة (Egg Cell) والنواتان الجانبيتان تصبحان خليتين مساعدتين (Synergid Cells) .
- اما النوى الطرف المقابل للطرف النقيري ضمن الكيس الجنيني فهي الاخرى تحاط بأغشية خلوية وتكون خلايا سمتية (**Antipodals**) . وتكون النواتان المركزيتان نواتين قطبيتين (**Polar Nuclei**) .

ويمثل الكيس الجنيني في هذه الحالة الطور المشيجي الانثوي الناضج (**Mature Female Gametophyte**) (شكل **3 - 16**) .
- وبعد وصول الطور المشيجي الانثوي مرحلة النضوج يصبح البويض الناضج مكوناً من الكيس الجنيني الناضج والجويزاء المحيطة به والاغلفة والحبل السري وهو في الغالب يبدو منحنياً الى الاسفل بالشكل الذي يكون فيه النقير مجاوراً للحبل السري، وربما يتخذ اوضاعاً اخرى .

(3) التلقيح (**Pollination**) .

يعرف التلقيح بأنه عملية انتقال حبوب اللقاح من المتك الى الميسم للنوع نفسه من النبات وتحصل نتيجة هذا الانتقال عملية الاخصاب (**Fertilization**) ، وعليه فأن التلقيح يعد واحداً من العمليات المؤدية الى تكوين البذور .

وهناك نوعين من التلقيح هما :

1. التلقيح الذاتي (**Self Pollination**) .
2. التلقيح الخلطي (**Cross Pollination**) .

1 . التلقيح الذاتي (**Self Pollination**) .

يتم التلقيح الذاتي بأنتقال حبوب اللقاح من متك زهرة الى ميسم الزهرة نفسها او الى ميسم زهرة اخرى للنبات نفسه ، ويحصل مثل هذا النوع من التلقيح في العديد من النباتات مثل الحنطة والشعير والرز والقطن والفاصوليا والبزاليا واشجار الحمضيات وغيرها .

2 . التلقيح الخلطي (**Cross Pollination**) .

يتم هذا النوع من التلقيح بأنتقال حبوب اللقاح من متك زهرة الى ميسم زهرة اخرى لنبات اخر من النوع نفسه وربما الى انواع اخرى **تنتمي** الى نفس الجنس . يحدث التلقيح الخلطي في العديد من النباتات وهو اكثر اهمية من التلقيح الذاتي حيث تكون الثمار والبذور الناتجة اكبر حجماً واكثر عدداً واسرع نمواً من تلك الناتجة من التلقيح الذاتي في الكثير من الاحيان .

لهذا ينصح المزارعون باقامة خلايا النحل في البساتين او قريباً منها لضمان حدوث التلقيح الخلطي للازهار وبالتالي الحصول على ناتج وفير وذو نوعية جيدة .

يعد النحل اكثر الحشرات تلقيحاً في النباتات حيث يقدر بعض الاقتصاديين عوائد تلقيح النحل بمبالغ هائلة (اكثر من مائتي مليار دولار) على مستوى العالم سنوياً . ولكن النحل ليس الوحيد الذي يؤدي وظيفة التلقيح في النباتات فهناك الكثير من الحشرات مثل الزنابير والخنافس والفراشات وغيرها، كما تقوم بعض الفقريات ايضاً بعملية التلقيح كما هو الحال في بعض الطيور وغيرها .

لابد من الاشارة الى الرياح والمياه هي الاخرى تلعب دوراً في عملية انتقال حبوب اللقاح وبالتالي التلقيح وقد يقوم الانسان بذلك كما في النخيل .

(4) تكوين أنبوب اللقاح (Development of Pollen Tube) .

تنموحبة اللقاح بعد سقوطها على الميسم فتكون انبوباً ذو قطر ضيق يعرف بأنبوب اللقاح (Pollen Tube) وتنتج حبة اللقاح عادة انبوباً لقاحياً واحداً .

ينمو انبوب اللقاح ويخترق الميسم والقلم حتى يصل الى المبيض الذي يحوي البويضات ، ولابد من الاشارة الى انه بالرغم من سقوط عدة حبوب لقاح على الميسم مكونة عدة انابيب لقاح الا ان واحداً فقط يدخل البويض الواحد يستمر انبوب اللقاح بالنمو وتخضع الخلية المولدة فيه الى عملية انقسام اعتيادي واحد لتنتج خليتين ذكريتين (Sperm Cells) ، وبذا سيحتوي انبوب اللقاح على خلية انبوبية وخليتين ذكريتين . ويمثل انبوب اللقاح في هذه الحالة الطور المشيجي الذكري الناضج (شكل 3 - 16) ، الذي يكون مهيئاً لعملية الاخصاب .

(5) الاخصاب وتكوين الجنين (Fertilization and Embryo Development) .

مع وصول انبوب اللقاح الى البويض فانه يخترق فتحة النقير ويدخل الى الجويزاء ثم الى الكيس الجنيني ويفرغ محتوياته فيه ، وعندها تتحد احدى الخليتين الذكريتين مع خلية البيضة مكونة بيضة مخصبة او زيجة (Zygote) والتي تكون ثنائية المجموعة الكروموسومية (2س) (شكل 3 - 16) تتجه الخلية الذكرية الثانية نحو النواتين القطبتين وتتحد نواتها مع هاتين النواتين مكونة نواة السويداء (Endosperm Nucleus) ، وبهذا تصبح هذه النواة ثلاثية المجموعة الكروموسومية (3س) (شكل 3 - 16) . يطلق على عمليتي الاتحاد المشار اليهما في اعلاه (اتحاد احدى نواتي الخليتين الذكريتين بنواة البيضة واتحاد نواة الخلية الذكرية الثانية بالنواتين القطبيتين) بعملية الاخصاب المزدوج (Double Fertilization) ، الذي يمثل احد سمات ومميزات النباتات الزهرية بعد اكتمال عملية الاخصاب تنحل الخلايا السمتية الثلاث والخليتان المساعدتان والخلية الانبوبية. وتبدأ البيضة المخصبة بالانقسام الاعتيادي والنمو والتمايز لتكوين الجنين .

اما نواة السويداء فتخضع لعدة انقسامات اعتيادية مكونة نسيج السويداء الخازن للمواد الغذائية التي يعتمد عليها الجنين اثناء نموه، ويمكن تلخيص مراحل تكوين الجنين في نبات من ذوات الفلقتين كالآتي (شكل 3 - 18) .

(أ) مرحلة تكوين الزيجة (Zygote Stage) .

يحصل في هذه المرحلة اخصاب مزدوج ينتج عنه تكوين الزيجة والسويداء .

(ب) مرحلة الجنين الاولي (Proembryo Stage) .

يكون الجنين الاولي متعدد الخلايا وجزئه القاعدي او الوظيفي يكون معطلاً وظيفياً (معلق) .

(ج) مرحلة التكور (الكرة) (Globular Stage) .

يظهر الجنين في هذه المرحلة بشكل كرة صغيرة .

(د) مرحلة القلب (Heart Stage) .

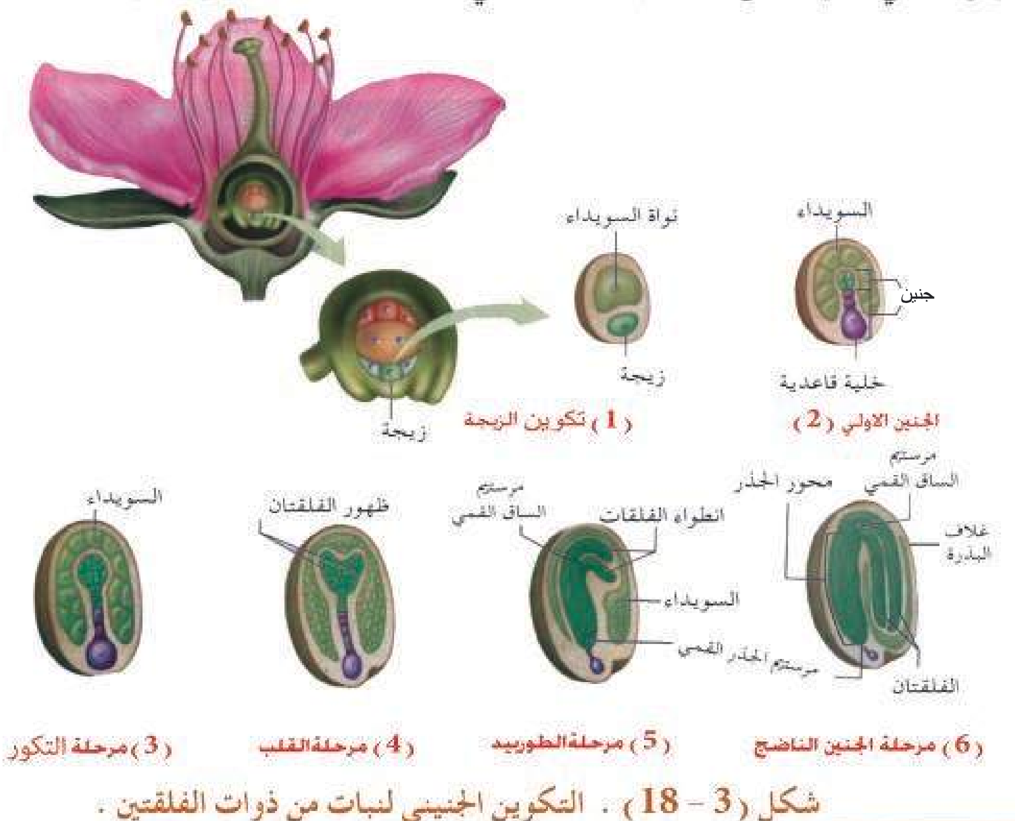
يكون الجنين بشكل القلب وتظهر الفلقتان .

(هـ) مرحلة الطوربيد (Torpedo Stage) .

يكون الجنين بشكل الطوربيد (اقرب من الشكل الاسطواني) ، وتتكون الفلقتان بشكل واضح

(و) مرحلة الجنين الناضج (Mature Embryo Stage) .

ينضج الجنين حيث يأخذ بالنمو والتمايز الى جنين حقيقي مكون من محور جنيني يتكون من الرويشة والجذير والسويق الفلقي الذي يحمل فلقتين (فلقة واحدة في نباتات ذوات الفلقة الواحدة) .



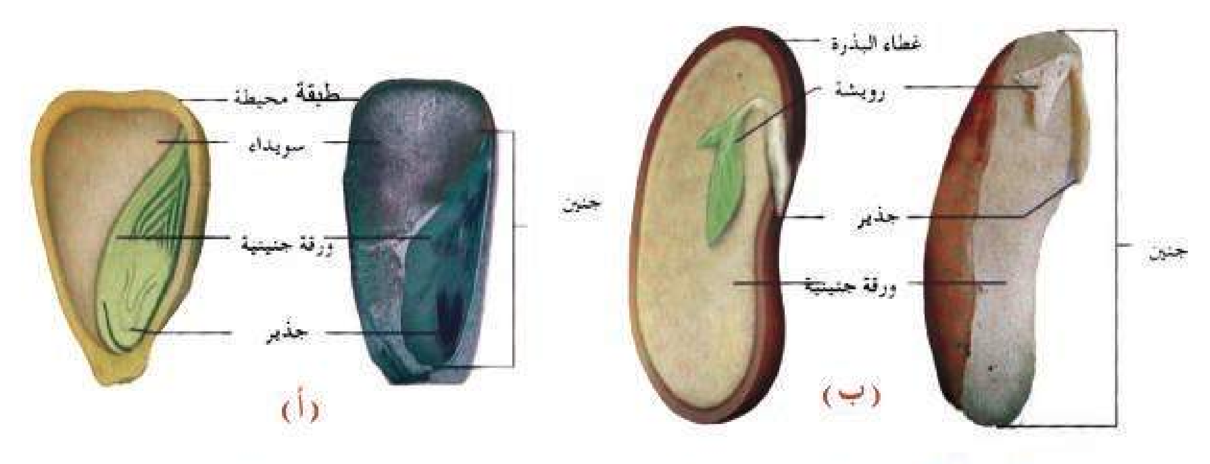
شكل (3 - 18) . التكوين الجنيني لنبات من ذوات الفلقتين .

(6) تكوين البذرة (Seed Formation) .

يبدأ تكوين البذرة بعد عملية الاخصاب مباشرة حيث تنقسم نواة السويداء لتكوين نسيج السويداء ، ويلي ذلك نمو غلاف او غلافي البويض وتحوله الى غلاف البذرة الذي يعرف بالقصرة (Testa) (شكل 3 - 19) .

وتكون البذرة عند النضج مكونة من جنين وغلاف بذرة كما في معظم بذور النباتات ذوات الفلقتين كالباقلاء والفاصوليا وغيرها .

ولكن هناك انواع من النباتات مثل الحنطة والخروع والذرة لايستخدم الجنين فيها السويداء الا بعد زرع تلك البذور وبدئها بأمتصاص الماء ، ولهذا فأن البذور الناضجة بهذه الطريقة تتكون من جنين واحياناً سويداء فضلاً عن غلاف البذرة الواقي الذي يتكون من طبقة واحدة او اكثر .



شكل (3 - 19) . تركيب البذور (أ) ذوات الفلقة الواحدة . (ب) ذوات الفلقتين .

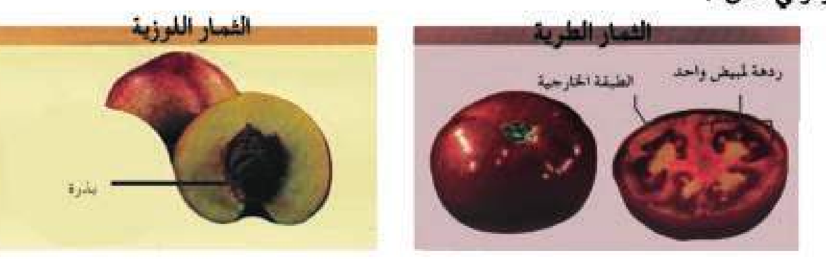
(7) تكوين الثمرة (Fruit Formation) .

يبدأ تكوين الثمرة عادة **بنمو** وتضخم جدار المبيض ، ويكون ذلك مصاحباً **لنمو** البذرة داخل المبيض ، اذ تعد عملية الاخصاب بمثابة حافز يسبب اتساع وتضخم المبيض وقد يتعدى التحفيز اجزاءً اخرى من الزهرة كالتخت كما هو الحال في التفاح واغلفة الزهرة كما في التوت وتسمى مثل هذه الثمار بالثمار الكاذبة . يحتاج نمو المبيض وتحوله الى ثمرة كمية كبيرة من الغذاء اذ تنتقل المواد الغذائية كالسكريات والاحماض الامينية بسرعة الى جدار المبيض من خلال الأنسجة الوعائية التي تربط اجزاء الزهرة بالساق .

وعند وصولها تتحول الى مواد غذائية غير ذائبة كالنشويات والسكريات المعقدة والبروتينات والزيوت .ان زيادة المواد السكرية في الثمار الناضجة يؤدي الى حلاوة العديد منها ، مثل العنب و**التمر** والموز وغيرها ، وقد تتحول المواد السكرية الى نشاء عند النضج كما في

الذرة والحنطة والرز . وقد تتراكم الزيوت في الثمار بكميات كبيرة كما في الزيتون ، وفي ثمار اخرى يتجمع الماء كما هو الحال في الثمار العصيرية واللحمية مثل الرقي والبطيخ والطماطة .

وهناك ثمار ينخفض المحتوى المائي فيها بدرجة كبيرة عند وصولها لمرحلة النضج وتصل الى درجة كبيرة من نسبة الجفاف كما هو الحال في ثمار البندق والجوز . وعادة يصاحب التغيرات التي تطرأ على الثمار تغيير في الصبغات النباتية فمثلاً يختفي الكلوروفيل وتحل محله الصبغات الكاروتينية عند نضج الثمار كما هو الحال في ثمار الطماطة او قد تتراكم صبغة الانثوسيانين البنفسجية بأستمرار نضج الثمار كما في العنب الاسود والاجاص (شكل 3 - 20) . تجدر الاشارة الى ان حبوب اللقاح تؤدي دورين يتمثل الاول بانتاج الخلايا الجنسية الذكرية التي تخصب البيوض بعملية الاخصاب المزدوج وينتج عن ذلك تكوين البذور ، اما الدور الثاني فيتمثل في كون نمو حبوب اللقاح يحفز تكوين هورمونات خاصة تقوم بتنظيم عملية نضج المبايض وتحويلها الى ثمار . ولذلك يمكن احياناً الاستعاضة عن عملية التلقيح برش او حقن مبايض بعض الازهار بهورمونات نباتية خاصة تؤدي الى نمو ونضج المبيض وتحوله الى ثمرة ، الا ان الثمار الناتجة تكون عديمة البذور وهذا مايعرف بالاثمار العذري الاصطناعي . وهناك بعض النباتات تنتج ثماراً عديمة البذور بصورة طبيعية ويعرف هذا النوع من نضوج الثمار بالاثمار العذري الطبيعي كما هو الحال في الاناناس والبرتقال ابو السرة وبعض انواع العنب ، ويعتقد ان مبايض ازهار هذه النباتات ذات محتوى هورموني عال .











شكل (3 - 20) . التنوع في الثمار (للاطلاع) .

تركيب الثمرة

لقد عرفت عزيزي الطالب ان الثمرة يمكن ان تعرف على انها **مبيض ناضج مع محتوياته واغلفته وتتكون بداخله البذور .**

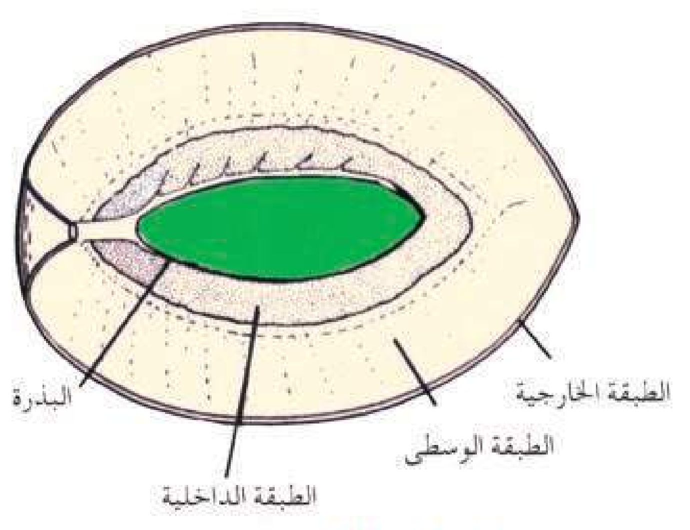
تتميز الثمرة الى ثلاث طبقات هي (شكل 3 - 21) :

أ الطبقة الخارجية (**Exocarp**) ويمكن ان يطلق عليها بالجلد (**Skin**) او الغطاء .

ب الطبقة الوسطى (**Mesocarp**) ويطلق عليها ايضاً الجزء الطري (**Flesh**) .

ج الطبقة الداخلية (**Endocarp**) ويطلق عليها النواة (**Pit**) .

لابد من الاشارة الى ان الطبقات اعلاه تختلف في درجة نموها وسمكها بأختلاف النباتات.



شكل (3 – 21) . تركيب الثمرة .

انواع الثمار (Fruit Types)

تظهر الثمار تنوعاً كبيراً وسوف نوجز الانواع الشائعة من الثمار كالآتي :

(1) الثمار البسيطة (Simple Fruit) .

هي الثمار الناتجة من زهرة واحدة ذات كربلة واحدة او عدة كربلات ملتحمة ، كما هو الحال في الباقلاء والطماطة والخيار والبرتقال والمشمش وغيرها (شكل 3 – 20) .

(2) الثمار المتجمعة (Aggreggate Fruits) .

هي الثمار المتكونة من كربلات عديدة منفصلة ، وتنشأ الثمرة من هذا النوع من زهرة واحدة ترتبط بالثمرات معاً بتخت واحد كما في التوت الاسود .

(3) الثمار المركبة (Compound Fruits) .

يطلق عليها ايضاً الثمار المضاعفة (Multiple Fruit) ، وهي تتكون من عدة ازهار متجمعة تنشأ من كل واحدة منها ثمرة وتبقى مرتبطة مع بعضها الآخر عند النضج كما في الاناناس (شكل 3 - 20) .

انتشار البذور والثمار (Dispersal of Fruits and Seeds) .

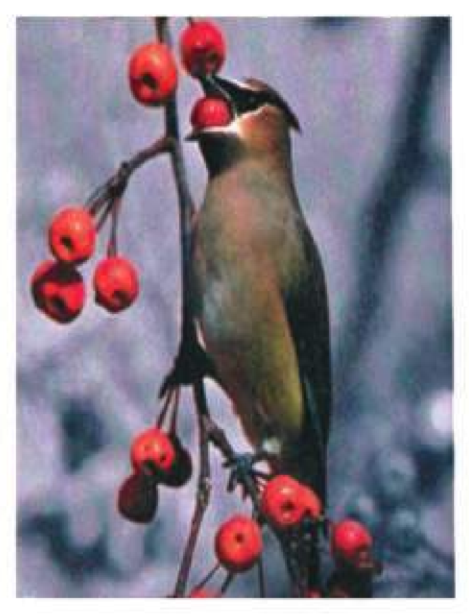
تمتلك الكثير من البذور والثمار تراكيب او اجزاء خاصة مختلفة تساعدها على الانتشار بسهولة في بيئتها او في بيئات متشابهة ، ومن العوامل المختلفة التي تساعد في انتشار الثمار والبذور الرياح والطيور وحيوانات اخرى والانسان والماء فضلاً عن تركيب البذرة والثمرة وطريقة تفتحها .

تحمل الرياح البذور والثمار بعيداً عن النباتات الام كما يحدث في بذور الحشائش والاعشاب والنباتات الصحراوية ، ويعود السبب في ذلك الى خفة وزن البذور او وجود شعيرات تكون على شكل مظلة كما في بذور البردي (شكل 3 – 20) .

تساهم الحيوانات في انتشار الثمار والبذور ، حيث تكون بعض البذور محتوية على اشواك تتعلق في جلود الحيوانات فتنقلها الى مسافات بعيدة عن موقعها ، (شكل 3 - 22) .

تعتمد الكثير من النباتات المائية في نقل بذورها وثمارها على التيارات المائية من اجل الحفاظ على انواعها وعادة تكون بذور وثمار هذه النباتات خفيفة ، او يحتوي غلافها على تجاويف تساعدها على الطفو على سطح الماء كما في ثمار جوز الهند .





شكل (3 – 22) . نقل البذور والثمار بوساطة الحيوانات (للاطلاع) .

3 . 8 . 1 . التكاثر الخضري في النباتات .

يعد التكاثر الخضري من انواع التكاثر اللاجنسي الشائع في الكثير من النباتات الراقية وعدد من السرخسيات .

تتكاثر النباتات خضرياً بعدة طرق لتكوين نباتات جديدة ومنها التكاثر الخضري بوساطة المدادات (**Stolons**) وهي سيقان تمتد فوق سطح التربة ، او التكاثر بالسيقان الارضية كالرايزومات (**Rhizomes**) او الدرنات (**Tubers**) ، او بوساطة الكورمات (**Cormes**) ، والابصال (**Bulbs**) ، كل هذه تمثل اجزاء خضرية ليس لها علاقة بالتكاثر الجنسي لكنها تؤدي وظيفة التكاثر الخضري . وبشكل عام يكون التكاثر الخضري على نوعين :

اولاً : التكاثر الخضري الطبيعي .

يتم التكاثر الخضري الطبيعي بعدة طرق منها :

(1) التكاثر بالمدادات (Stolons)

يعد التكاثر بالمدادات احدى طرق التكاثر الخضري في بعض النباتات كما هو الحال في الفراولة(**Strawberry**) ويتم تكوين سيقان افقية (مدادات) قد يتجاوز طولها المتر ، وهي تمتد فوق سطح التربة ، وهذه المدادات تكوّن نباتات جديدة عمودية عند مواقع العقد الموجودة على المدادات ، حيث تكوّن جذوراً عرضية تستقر في التربة وسيقاناً واوراقاً تنمو الى الاعلى . وقد تنفصل النباتات الجديدة عن النبات الام طبيعياً عند موت المدادات كما يمكن فصلها عن النبات الام وزراعتها في مكان آخر (شكل 3-23) .



(شكل 3-23) . انواع من التكاثر الخضري في النباتات (1) التكاثر بالمدادات، (2) التكاثر بالرايزومات ، (3) التكاثر بالدرنات ، (4) التكاثر بالكورمات(للاطلاع) .

(2) التكاثر بالرايزومات (Rhizomes) .

وهي طريقة تكاثر خضري تتكاثر بها معظم الحشائش المعمرة والسراخس وذلك بتكوين سيقان ارضية ممتدة تحت سطح التربة تدعى الرايزومات (Rhizomes) حيث تنمو من عقد هذه السيقان جذور عرضية نحو التربة ومجموع خضري (ساق واوراق) نحو الاعلى .

وتمتد السيقان الارضية وهي عادة سيقان معمرة تحت التربة بنمو البراعم النهائية لها ، فتغطي مساحات جديدة بسرعة كبيرة واذا حدث ان انفصلت مثل هذه الرايزومات الى قطع اثناء تقليب التربة (الحرث) مثلاً تصبح كل قطعة قادرة على ان تكون نباتاً جديداً ، ومن الامثلة على ذلك ثيل الحدائق ونبات السوسن (شكل 3-23) .

(3) التكاثر بالدرنات (Tubers)

تعرف الدرنات بأنها سيقان متضخمة وخازنة للغذاء ، تنمو تحت التربة . وتحتوي الدرنة على عدد من الانخفاضات التي تسمى العيون وبداخل كل عين يوجد برعم او عدة براعم يطلق عليها بالبراعم الابطية (Axillary Buds) .

وعادة يكون النبات الواحد مجموعة من الدرنات القادرة على انتاج فروع جديدة من براعمها خلال الربيع التالي كما هو الحال في نبات البطاطا (شكل 3-23) .

(4) التكاثر بالابصال (Bulbs) والكورمات (Cormes) .

يحصل هذا النوع من التكاثر الخضري في العديد من النباتات العشبية بوساطة تكوين الابصال . والبصلة عبارة عن برعم وحيد كبير كروي له ساق قرصية عند نهايته القاعدية ، وينمو من السطح العلوي للساق العديد من الاوراق الحرشفية واللحمية ،وتنمو من السطح السفلي جذور عرضية اما البراعم فتنشأ في ابط الاوراق اللحمية ، وهذه البراعم تشبه البصلة الام وقد تنفصل عنها مكونة بصلة جديدة وهكذا ، ومن النباتات المعروفة التي تتكاثر بهذه الطريقة نبات البصل والثوم والنرجس والزنبق وغيرها .

الكورمات هي الاخرى تمثل طريقة تكاثر خضري وهي تشبه الى حد كبير الابصال من الناحية المظهرية الا انها تختلف عنها بكون الجزء الاكبر من الكورمة هو نسيج الساق اما الاوراق فتكون اصغر وارق كثيراً من اوراق الابصال .

وكما هو الحال في الابصال تتكاثر الكورمات بتكوين براعم تنشأ في آباط الاوراق الحرشفية على الساق وتنفصل لتكوين كورمات جديدة كما في نبات الكلاديولس والكركم والالمازة والكلم (شكل 3-23) .

ثانياً : التكاثر الخضري الاصطناعي .

يفتقد العديد من النباتات قابليته على تكوين بذور نشطة كالموز وبعض انواع العنب والبرتقال، كما ان بعض النباتات يتطلب تكثيرها بالبذور وقتاً طويلاً كالنخيل مثلاً ، وفضلاً عن ذلك فانه يصعب ضمان تحديد جنس الشجرة أو نوعها ، ولاجل ذلك يلجأ المزارعون الى وسيلة التكثير خضرياً . وهناك بعض النباتات لاتستطيع ان تتكاثر خضرياً ولذلك يلجأ الى تحفيز التكاثر الخضري فيها بأستعمال بعض انواع الهورمونات النباتية مثل الهورمون المعروف بأسم اندول حامض الخليك واندول حامض البيوتريك ونفثالين حامض الخليك وغيرها .

وفيما يأتي ايجاز لبعض طرق التكاثر الخضري الاصطناعي:

(1) التكاثر بالفسائل .

الفسائل عبارة عن براعم كبيرة تنشأ عند قاعدة الساق للشجرة الام غالباً في منطقة اتصاله بالتربة حيث تتكون لها جذور عرضية تمتدد في التربة وعند **اكتمال** نموها تفصل عن الشجرة الام وتنقل لتزرع في مكان اخر على شكل نبات مستقل ومن النباتات التي تُكثر بهذه الطريقة الموز والنخيل .

(2) التكاثر بالترقيد .

وهي طريقة تكاثر خضري يبقى فيها الغصن او الفرع متصلاً بالنبات الام ويدفن تحت التربة . تمتاز بعض السيقان بتكوين جذور عرضية لها اذا غطيت بالتربة في الطبيعة ، لذلك لجأ الانسان لاستخدام هذه الظاهرة في اكثار النباتات اذ يمكن ثني فرع من نبات ما وهو متصل بالأصل وغرس جزء منه في التراب او تغطية برعمه الطرفي بطبقة رقيقة من التربة وتعرف هذه العملية بالترقيد ، وبعد فترة من دفن الفرع او الغصن في التراب قد تمتد ستة اسابيع او اكثر تظهر جذور عرضية على هذا الجزء من النبات الذي دفن في التراب . بعد تكون الجذور يفصل الفرع من النبات الاصلي، ويكون نباتاً مستقلاً بذاته ، ومن النباتات التي يمكن تكاثرها بهذه الطريقة العنب و**الليمون** والبرتقال والورد **الجهنمي** وغيرها **(3 - 24)** .

(3) التكاثر بالتطعيم .

تتم عملية التكاثر **بالتطعيم** وذلك بالصاق جزء من نبات على جزء من نبات آخر . تستخدم هذه العملية في اكثار نباتات ذات صفات مرغوبة ، فقد لوحظ بالتجربة انه اذا اخذ جزء من نبات عليه براعم كالبرتقال ووضع بطريقة خاصة على نبات آخر يشبهه في صفاته كالليمون فأن براعم البرتقال **تنمو** وتزهر وتثمر على شجرة **الليمون** كما لو كانت شجرتها الاصلية ويعرف الجزء الذي يحوي البراعم بالطعم ، والنبات الذي الصق عليه الطعم بالاصل .

وللتطعيم طرق مختلفة منها التطعيم بالبراعم والتطعيم بالقلم (الشق) :

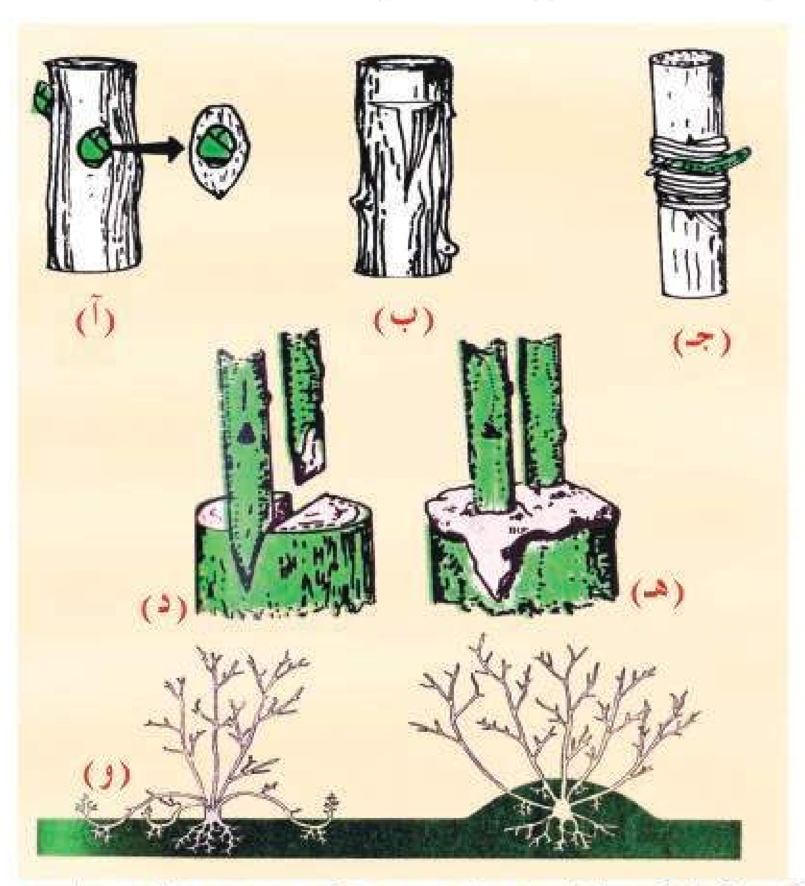
(1) التطعيم بالبراعم .

يوضع برعم مأخوذ من نبات ذي صفات مرغوبة ويراد اكثاره في شق بشكل حرف (T) ضمن الاصل وترفع حافتاه ويوضع فيه البرعم بحيث تنطبق انسجة البراعم على كامبيوم الاصل ثم يربط عليها جيداً (شكل 3-24) .

(2) التطعيم بالقلم (بالشق) .

يؤخذ فرع من الطعم عليه برعمان او ثلاثة ويبرى طرفه من الجانبين كالقلم ويقطع الاصل افقياً بالقرب من سطح التربة ويعمل به شق عمودي، ثم يوضع الطعم بحذر في هذا الشق بحيث تنطبق انسجة الكمبيوم في الطعم والاصل بعضها على بعض ثم يربط بعد ذلك مكان التطعيم ، وقد يستعمل اكثر من قلم واحد اذا كان ساق الاصل كبيراً (شكل 3-24) .

ولابـد من الاشارة الى ان التطعيم لاينجح اجمالًا الا اذا كان بين الطعم والاصل صفات متشابهة اي من فصيلة نباتية واحدة فلايطعم البرتقال على الخوخ ، ولكن يطعم البرتقال على الليمون وكذلك الخوخ على الاجاص .



شكل (3-24) . التطعيم في النباتات و (آ - ب - جـ) التطعيم بالبراعم .
(د - هـ) التطعيم بالقلم . (و) التكاثر بالترقيد (للاطلاع) .

اهمية التكاثر الخضري في النباتات .

يستخدم التكاثر الخضري في العديد من النباتات لاغراض كثيرة منها :

1 لاكثار انواع من النباتات لاتنتج بذوراً .

2 لاكثار النباتات الهجينة دون تغير كون بذورها لاتعطي جميعها نباتات شبيهة بالابوين .

3 لاكثار نباتات تنبت بذورها بنسب منخفضة .

4 لزيادة سرعة تكثير النباتات وتسريع اثمارها .

5 لغرض تكييف واقلمة النباتات لبيئات مختلفة جديدة، وعلى سبيل المثال نجد ان جذور اشجار الاجاص لاتنموجيداً في التربة الرملية، ولكن يمكن زرعها بنجاح في مثل هذه التربة عن طريق التطعيم على اصول اشجار الخوخ التي يزدهر نموها في مثل هذه التربة .

6 ان عملية التكاثر الخضري بأنواعها تمنع الاصابة ببعض الطفيليات التي تهاجم جذور بعض انواع النباتات ، دون الاخرى ، وعلى سبيل المثال نجد ان جذور العنب الاوربي عادة عرضة للاصابة بنوع من الطفيليات التي لاتصيب العنب الامريكي، فأذا تم تطعيم العنب الامريكي بطعوم من العنب الاوربي فأن الاخيرة تنمو دون التعرض لهذه الطفيليات .

3 . 8 . 2 . زراعة الانسجة النباتية (Plant Tissue Culture) .

تعد زراعة الانسجة النباتية احدى تطبيقات التقنيات الحيوية التي تسهم في اكثار النباتات وهي تمثل تكاثراً خضرياً صناعياً فهي تعني وببساطة تنمية اجزاء من انسجة النبات وخلاياه خارج جسم النبات وفي بيئة او وسط غذائي مناسب ، وينتج عن ذلك تكوين او انماء براعم نباتية تتحول مع مرور الوقت الى نبات كامل النمو .

ومن ايجابيات الزراعة النسيجية في النباتات انها وسيلة تستخدم حالياً للحصول على نباتات تتميز بصفات مرغوبة محددة مثل مقاومة الملوحة والتغيرات في درجات الحرارة . فضلاً عن كونها تستخدم للتغلب على بعض المعوقات الزراعية مثل طول دورة حياة النبات كما هو الحال في النخيل مثلاً او عدم توفر الشتلات النباتية بالكمية المناسبة .

وتنتشر حالياً الزراعة النسيجية في مختلف دول العالم وفي العراق حققت بعض الدراسات في مراكز البحوث نجاحات ملموسة في هذا المجال يمكن ان تكون قاعدة لأنتشار مثل هذا النوع من التقنيات الزراعية، خصوصاً وانها تعد من وسائل اكثار النخيل الذي تزدهر زراعته في العراق .

ويمكن ايجاز خطوات الزراعة النسيجية للنخيل (شكل 3-25) كالآتي :

1 تفصل احدى الفسائل من نبات النخيل الام، ويفضل اختيار فسيلة نشطة النمو .

2 تستخلص القمة النامية للفسيلة وهذا يتطلب ظروف تعقيم جيدة جداً منعاً لحصول التلوث في النسيج المستخلص .

3 تقطع القمة النامية الى قطع صغيرة يشترط فيها ان تكون حاوية على خلايا حية نشطة .

4 تزرع الانسجة الحية في اوساط زرعية خاصة تحوي مادة غذائية مناسبة وتتم الزراعة في ظروف تعقيم حول وداخل المزارع النسيجية كما يراعى فيها ان تكون درجة الحرارة ونسبة الرطوبة ملائمة .

5 تنقل الى بيت زجاجي خاص وتتم رعايتها في ظروف تعقيم جيدة لحين وصولها الى مرحلة تكون فيها جاهزة للاستزراع في البيئة الطبيعية .



(شكل 3-25) . الزراعة النسجية للنخيل (للاطلاع) .

أ- تستخلص القمة النامية من فسيلة جيدة وفي ظروف تعقيم جيدة جداً منعاً لحصول التلوث . ب- تقطع القمة النامية الى قطع صغيرة تحوي خلايا نشطة وايضاً تتطلب ظروف تعقيم جيدة . جـ- تزرع الانسجة الحية في اوساط زرعية وتتم الزراعة في ظروف تعقيم حول وداخل المزارع النسيجية . د -تتم رعاية النبات داخل المختبر في المراحل الاولى . هـ- تنقل النباتات التي تم تنميتها داخل المختبر الى بيت زجاجي تتوفر فيه ظروف تعقيم .و - يصبح النبات جاهز للاستزراع في البيئة الطبيعية .

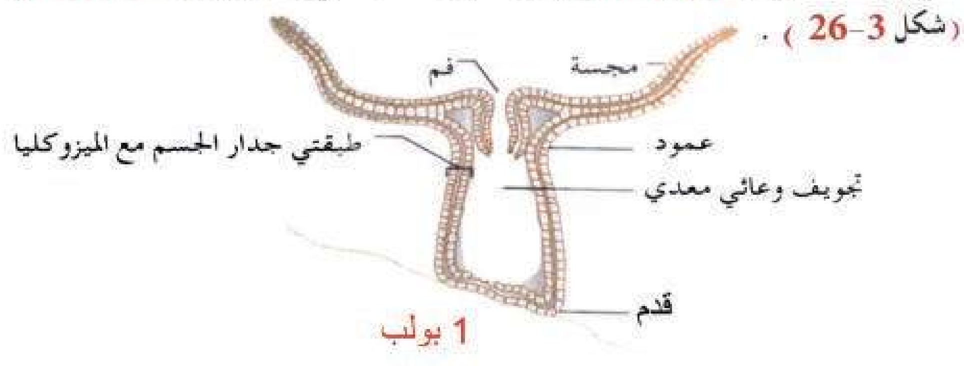
3-9. التكاثر في الحيوانات (Reproduction in Animals) .

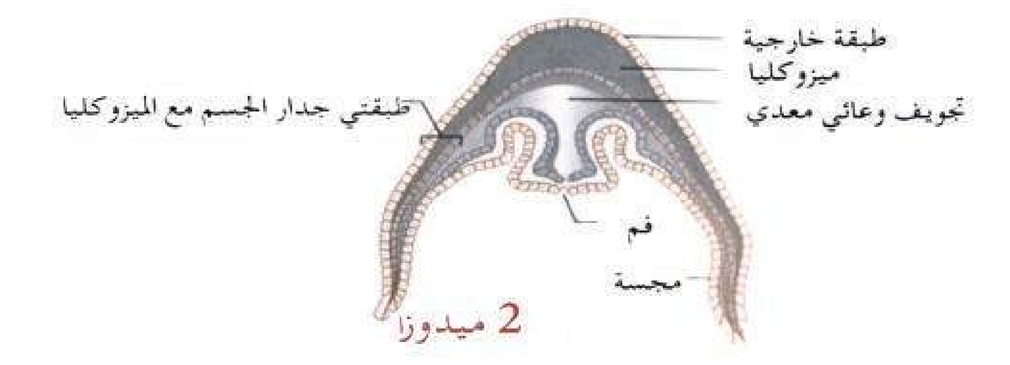
تُظهر افراد مملكة الحيوان تبايناً كبيراً في طرق تكاثرها وهي في الغالب تتكاثر جنسياً ، الا ان هناك العديد منها مايجمع بين التكاثر اللاجنسي والتكاثر الجنسي ، والتصميم الاساسي لاجهزة التكاثر في الحيوانات متشابه، بالرغم من وجود اختلافات في عادات التكاثر وطرق الاخصاب الذي ادى الى تغييرات عديدة وبشكل خاص في الحيوانات الفقرية .

سوف ندرس بعض الأمثلة للتكاثر واجهزة التكاثر في افراد مملكة الحيوان وكالآتي :

3 - 9 - 1 . التكاثر في الهايدرا (Reproduction in Hydra) .

تنتمي الهايدرا الى شعبة اللاسعات وهي حيوانات بحرية المعيشة في الغالب ولو ان هناك البعض منها مايعيش في المياه العذبة . تعيش اللاسعات بشكل منفرد او في مستعمرات ، وتشمل دورة حياتها المثالية طورين هما البولب (**Polyp**) وهو الطور اللاجنسي والميدوزا (**Medusa**) وهو الطور الجنسي (شكل 3-26) .





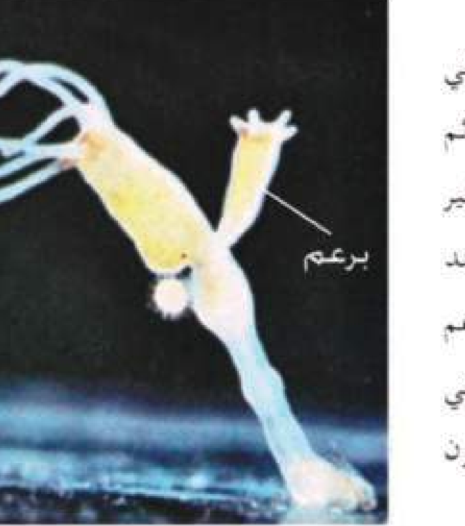
شكل (3-26) (1) الطور اللاجنسي (البولب) (2) الطور الجنسي (الميدوزا) في الهايدرا .

لابد من الاشارة الى ان هايدرا المياه العذبة لايوجد فيها طور جنسي (**Medusa**) ، وقد يوجد في بعض انواع الهايدرات طور جنسي فقط وبدون طور لاجنسي .

تتكاثر الهايدرا لاجنسياً وجنسياً .

(1) التكاثر اللاجنسي (Asexual Reproduction) .

تتكاثر الهايدرا لاجنسياً بالتبرعم ويحدث هذا النوع من التكاثر عندما يتوفر الغذاء ، اذ يتكون عند بداية الثلث الاخير من الجسم في الغالب بروز صغير يسمى البرعم وهو يحوي تجويفاً يمثل امتداداً للتجويف الرئيس للحيوان (الحيوان الام) .



(شكل 3-27) . التبرعم في الهايدرا للاطلاع .

ينمو البرعم ويستطيل ، وعند وصوله الى الحجم المناسب تظهر في نهايته القاصية (البعيدة) بروزات صغيرة تمو لتكون المجسات ثم يتكون الفم ، وخلال بضعة ايام **ينمو** البرعم ويظهر كحيوان صغير كامل التكوين متصل بالام ، وبعد فترة قصيرة يحصل تخصر عند قاعدة البرعم وفي منطقة اتصاله بجسم الام ومن ثم ينفصل البرعم عن الحيوان الام ، وتغلق قاعدته كما تغلق الفتحة التي تركها في جسم الام وبالتالي يبدأ حياة مستقلة (شكل 3-27) . قد يكون الحيوان الواحد عدة براعم **تنمو** الى افراد جديدة .

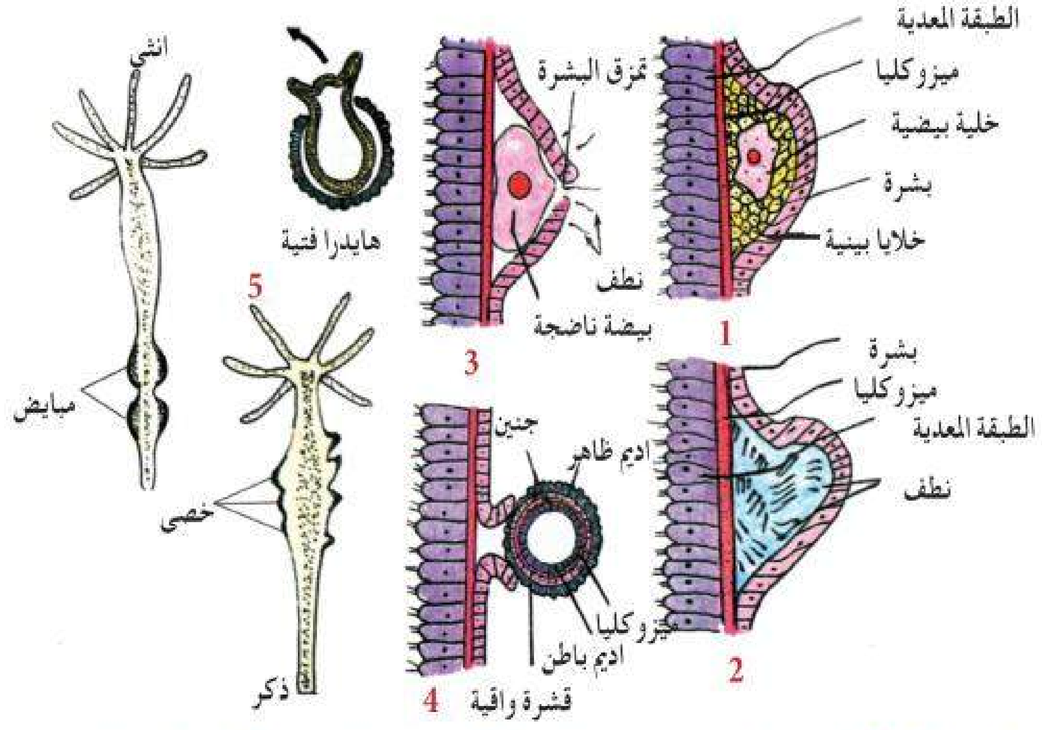
تتكاثر الهايدرا لاجنسياً بطريقة اخرى هي التقطيع والتجدد (Fragmentation and Regeneration) فقد وجد انه عند تقطيع الهايدرا الى عدة قطع يتجدد معظمها الى **هايدرا كاملة** صغيرة الحجم .

(2) التكاثر الجنسي (Sexual Reproduction) .

- توجد الهايدرا في الطبيعة اما احادية المسكن (Monoecious) او خنثى (Hermaphrodite) حيث يمتلك الحيوان مبايض (Ovaries) وخصى (Testes) في نفس الفرد ، وقد تكون هناك انواع منفصلة الاجناس او مايعرف ثنائية المسكن (Dioecious) حيث تتكون الخصى في حيوان والمبايض في حيوان آخر .

- تتحفز الهايدرا لتكوين مبايض وخصى في ظروف معينة كالتغيير في درجات الحرارة وارتفاع تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون في الماء وبشكل خاص في فصل الخريف .

- تنشأ المناسل (**Gonads**) على هيئة بروزات محاطة بالطبقة الخارجية لجدار الجسم ، وعادة تتخذ الخصى شكلاً مخروطياً في النصف العلوي لجسم الهايدرا ، اما المبايض فتكون بشكل تراكيب مكورة تتخذ موضعاً في النصف السفلي من الجسم بالقرب من القرص القاعدي .
- تنشأ الخصية من الخلايا البينية الموجودة في جدار الجسم وهي خلايا غير متمايزة يمكن ان تتمايز لتكوين اي نوع من الخلايا عند الحاجة . تكون الخلايا البينية سليفات نطف تمر بمرحلة تكوينية متتالية لتنتج النطف التي تتجمع في تركيب منتفخ يفتح الى الخارج لتنطلق النطف الى الماء وتجد طريقها الى البيضة .
- ينشأ المبيض هو الآخر بنفس طريقة نشوء الخصية**وتتمايز**بضع خلايا بينية لتكون سليفات البيوض . يزداد حجم احدى سليفات البيوض وعادة تحصل الزيادة في سليفة البيضة المركزية الموقع والتي تجهز بالغذاء من الخلايا المجاورة المنحلة . تعاني سليفة البيضة مراحل تكوينية لتنتج البيضة الناضجة كبيرة الحجم . وعند **اكتمال**تكوين البيضة تنشق طبقة البشرة المحيطة بها وتبقى البيضة ملتصقة بقاعدة المبيض لحين التقاءها بالنطفة السابحة حيث يحصل الاخصاب وتتكون البيضة المخصبة. تمر البيضة المخصبة بمراحل تكوينية وهي ملتصقة بجسم الام ثم تنفصل عن جسم الام بعد ان تحاط بقشرة واقية لتقاوم الظروف البيئية غير الملائمة ، وفي فصل الربيع تخرج بشكل هايدرا فتية (شكل **3-28**) .



شكل (**3-28**) . التكاثر الجنسي في الهايدرا **1** - تركيب المبيض . **2** - تركيب الخصية .
3 - الاخصاب . **4** - تكوين جنين . **5** - خروج هايدرا فتية .

3 - 9 - 2 . التكاثر في البلاناريا (Reproduction in Planaria) .

تنتمي البلاناريا الى شعبة الديدان المسطحة التي تضم تنوع كبير من الديدان التي يتراوح طولها من ملليمتر واحد الى عدة امتار كما في الديدان الشريطية، واجسامها المسطحة قد تكون رفيعة ، او عريضة كورقة الشجر ، او طويلة تشبه الشريط .

تتكاثر البلاناريا لاجنسياً وجنسياً .

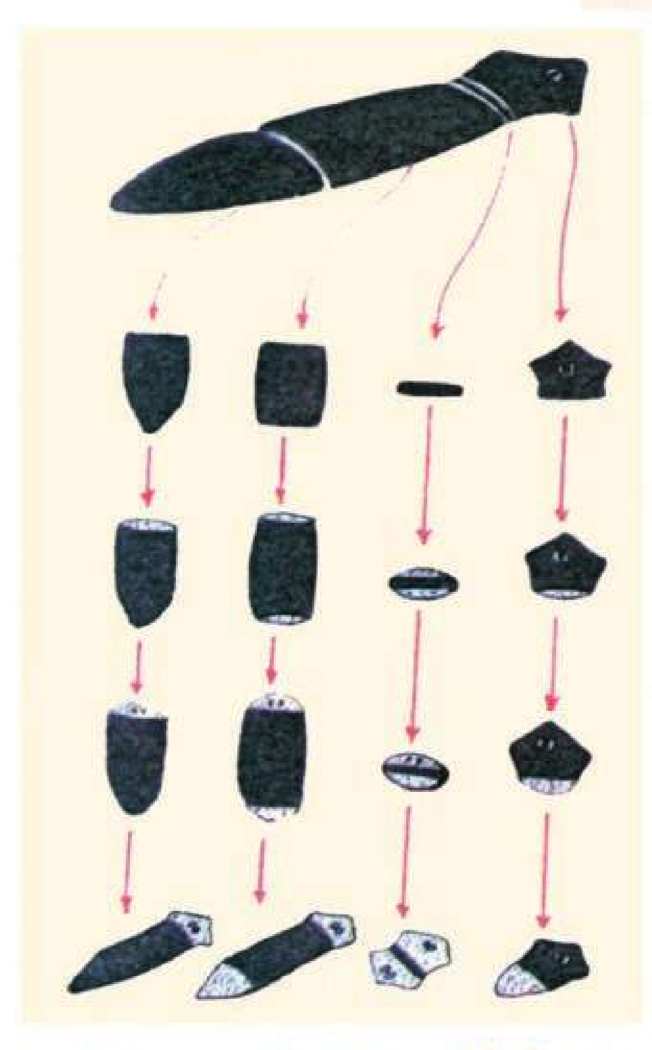
(1) التكاثر اللاجنسي في البلاناريا .

تتكاثر البلاناريا لاجنسياً بطريقة التقطيع والتجدد (Fragmentation and Regeneration) فعند تقطيع الدودة الى عدة قطع، فأن هذه القطع تنمو وتتجدد لتكون ديدان كاملة جديدة (شكل 3-29).

لقد اثبتت التجارب المختبرية ان عملية التجدد تمثل نهجاً يستحوذ الاهتمام في الدراسات التجريبية وعلى سبيل المثال. فلو استؤصلت قطعة من منتصف دودة البلاناريا فأنها يمكن ان تكون بالتجدد رأساً جديداً وذيلاً جديداً.

الا ان هذه القطعة تحتفظ بقطبيتها الاصلية، فالرأس ينمو عند الطرف الامامي، والذيل عند الطرف الخلفي .

كما تتكاثر بلاناريا المياه العذبة لاجنسياً بالانشطار حيث يتخصر الحيوان خلف البلعوم ويزداد هذا التخصر تدريجياً فينقسم الحيوان الى فردين ، يعوض كل منهما الاجزاء الناقصة .

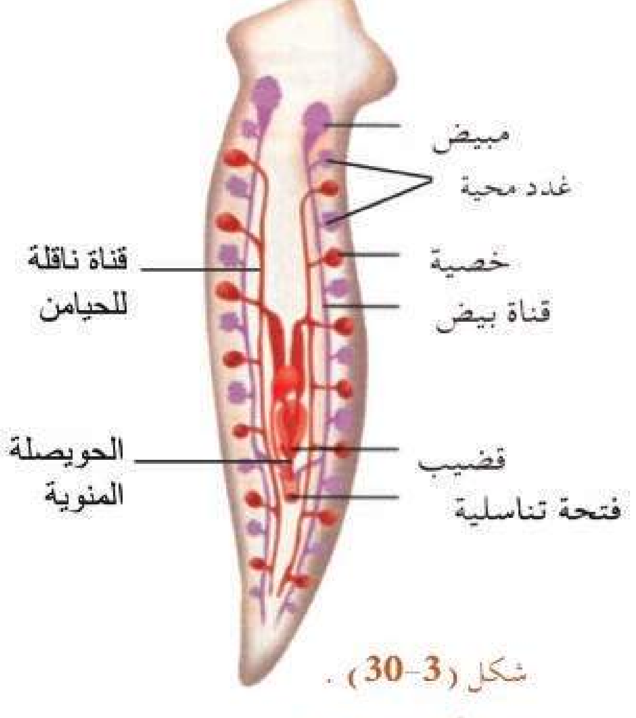


شكل (3-29) . التكاثر اللاجنسي في البلاناريا (التقطيع والتجدد)(للاطلاع) .

تعد طريقة الانشطار في البلاناريا طريقة تكاثر سريعة يلجأ اليها الحيوان عند حصول نقص في المجموعة السكانية لهذه الدودة وهذا ما استدل عنه من الملاحظات التجريبية .

(2) التكاثر الجنسي في البلاناريا .

البلاناريا خنثى (Hermaphroditic) ، حيث يمتلك نفس الحيوان اعضاء تكاثر ذكرية واخرى انثوية (شكل 3-30) .



شكل (3-30) .
جهاز التكاثر في البلاناريا .

اعضاء التكاثر الذكرية تتكون من العديد من الخصى كروية الشكل ترتبط بقناة ناقلة للحيامن (Vas Deferens) والقناة الناقلة للحيامن للجانبين ترتبطان عند القضيب (Penis) الذي بدوره يدخل الى المجمع التناسلي (Genital Cloaca) (شكل 3-30) .

والحويصلة المنوية (Seminal Vesicle) تقع عند قاعدة القضيب. تنشأ النطف او الحيامن في الخصى وتمر بوساطة القناة الناقلة للحيامن الى الحويصلة المنوية حيث تبقى فيها لحين الحاجة .

اعضاء التكاثر الانثوية تتكون من مبيضين (Ovaries) وقناتي بيض (Oviducts) طويلتين تتصل بهما العديد من الغدد المحية ، والرحم (Uterus) والمهبل (Vagina) يفتحان في المجمع التناسلي (شكل 3-30) تنشأ البيوض داخل المبيض وتمر الى قناة البيض ثم الى الرحم حيث يحصل الاخصاب وتتكون الشرنقة (Coccon)

خلال عملية الجماع تنتقل النطف من حيوان الى الحيوان الآخر أي من الحيوانين المتجامعين او المقترنين، واعضاء التناسل مصممة بحيث تمنع الاخصاب الذاتي .

3 - 9 - 3 . التكاثر في دودة الارض (Reproduction in Earthworm) .

تنتمي دودة الأرض الى شعبة الحلقيات ، وهي شعبة كبيرة يبلغ عدد انواعها مايقرب من (9000) نوع والمألوف منها ديدان الأرض ، وديدان المياه العذبة من قليلات الاهلاب ، الا ان غالبية افراد هذه الشعبة (ثلثي افراد الشعبة) يتمثل بديدان بحرية .

تتكاثر دودة الارض تكاثراً جنسياً ، وهي خنثية اي ان الاعضاء الذكرية والانثوية توجد في نفس الفرد .

يتألف الجهاز التكاثري الذكري (شكل 3-31) من الآتي :

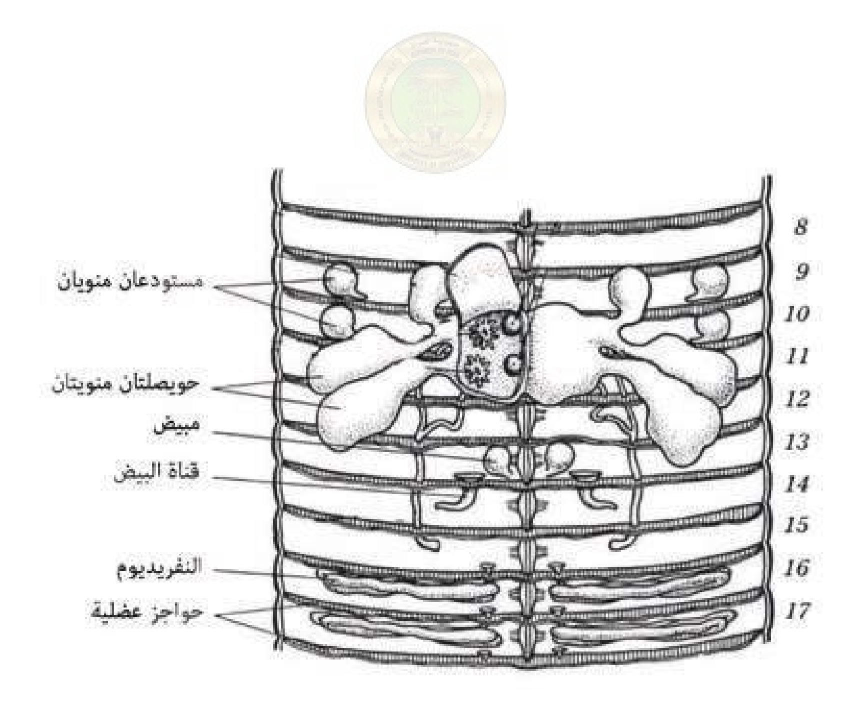
أ زوجان من الخصى الصغيرة يقعان في الحلقتين 10 و 11 .

ب زوجان من الاقماع المنوية (Sperm Funnels) يتمثل كل منها بتركيب قمعي يقع قرب كل خصية .

جـ زوج من الاقنية الناقلة للحيامن (Vas Deferens) تمتد الى الحلقة 15 ويفتح كل منهما بفتحة منفصلة على السطح البطني لتلك الحلقة الجسمية .

د تحاط الخصى والاقماع المنوية والأقنية الناقلة للحيامن لكل جانب بثلاثة حويصلات منوية (Seminal Vesicles) (يكون المجموع ثلاثة ازواج من الحويصلات المنوية للجانبين) .

تنتقل الحيوانات المنوية (النطف) غير الناضجة من الخصية لتنضج داخل الحويصلات المنوية ، ثم تمر الى الاقماع المنوية ومنها الى القنوات الناقلة للحيامن ثم الى الفتحات التناسلية الذكرية في الحلقة الجسمية رقم (15) حيث تخرج اثناء الجماع .



(شكل 3-31) . اعضاء التكاثر في دودة الارض (للاطلاع) .

اما الجهاز التكاثري الانثوي فيتألف (شكل 3–31) من الآتي :

أ زوج من المبايض الصغيرة تقع في الحلقة الجسمية رقم 13 .

ب زوج من الاقماع المهدبة تقع بالقرب من المبايض ضمن نفس الحلقة الجسمية وتمتد للحلقة الجسمية التي تليها .

جـ زوج من قنوات البيض (Oviducts) تمتدان الى الحلقة 14 وتفتحان بشكل منفصل من خلال الفتحة التناسلية الانثوية على السطح البطني للحلقة الجسمية 14 .

د زوجان من المستودعات المنوية في الحلقتين 9 و 10 يفتح الزوج الاول منها في الاخدود بين الحلقتين 9 و 10 ويفتح الزوج الثاني في الاخدود بين الحلقتين 10 و 11 .

التزاوج في ديدان الارض .

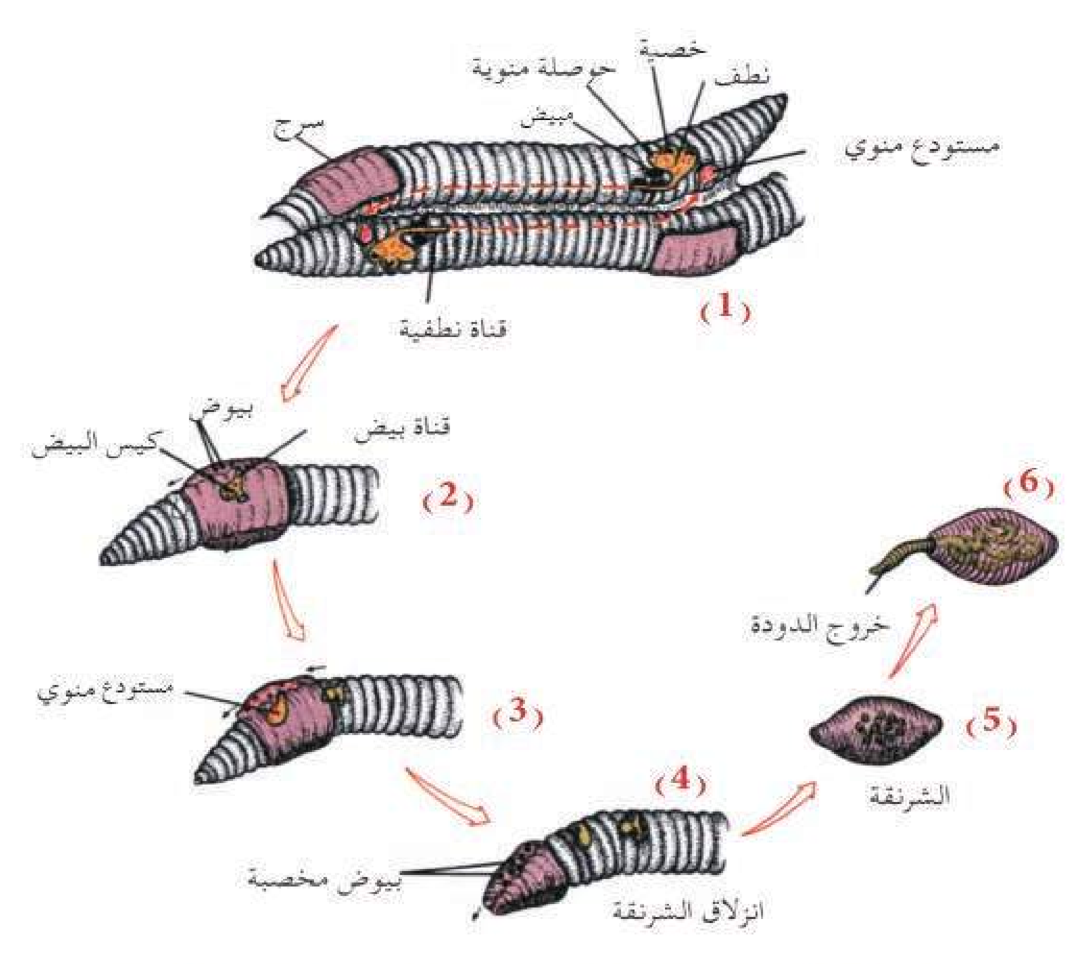
يحدث الجماع في ديدان الارض عادة اثناء الليل وبشكل خاص في الطقس الحار الرطب في فصلي الربيع والصيف عادة .

عند التزاوج يمد كل فرد من الافراد المتزاوجة طرفه الامامي من الحفرة التي يتواجد فيها بحيث تتواجه الاسطح البطنية للدودتين وبأتجاهين متضادين (متعاكسين) ، بحيث تكون منطقة السرج لكل دودة مقابل فتحات المستودعات المنوية للدودة الاخرى (شكل 3–32) .

وتلتصق الدودتان معاً بمخاط يفرزه السرج ، ويحاط جسم كل دودة بغلاف مخاطي من الحلقة 8 الى ماقبل السرج . تتبادل الدودتان الحيامن او النطف التي تنطلق من فتحة القناة الناقلة للحيامن التي تقع على السطح البطني للحلقة رقم 15 من كل دودة ، وتسير نطف كل دودة تحت الغلاف المخاطي بأتجاه السرج لتدخل فتحات المستودعات المنوية للدودة الاخرى (الاخصاب يكون خلطياً اي ان كل دودة تعطي نطفها الى الدودة الاخرى اثناء التزاوج) .

بعد ان تفترق الدودتان المتزاوجتان يبدأ السرج في كل دودة بأفراز مادة مخاطية لتتكون انبوبة مخاطية فوق السرج تدعى الشرنقة .

نتيجة لحركة الدودة تنزلق الشرنقة واثناء عبورها منطقة الحلقة الجسمية 14 حيث تقع فتحتا قناتي البيض تطرح فيها البيوض (داخل الشرنقة) ومع وصولها فتحات المستودعات المنوية تطلق فيها النطف ، وبذا تصبح الشرنقة حاوية على البيوض والنطف . تنزلق الشرنقة على جسم الدودة وتتحرر بالكامل من جسم الدودة ، وبعد اتمام عملية الانزلاق تتم عملية الاخصاب . تطرح الشرانق في تربة رطبة ، ويبدأ داخل الشرنقة تكوين افراد جديدة دون المرور بمرحلة اليرقة ، وبعد اسبوعين الى ثلاثة تنشق الشرانق وتتحرر منها ديدان جديدة شبيهة بالبالغات (شكل 3–32) .



شكل (3-32) . التزاوج وتكوين الشرنقة في دودة الارض (للاطلاع) .

3 - 9 - 4 . التكاثر في الحشرات (Reproduction in Insects) .

تظهر الحشرات تباينات كثيرة في اجهزتها التكاثرية وفي طرق وعادات التكاثر وهذا التباين متأتٍ من التنوع الهائل للحشرات فهي تعد اكثر مجاميع الحيوانات تنوعاً حيث تضم مايقرب من مليون نوع .

تكون الحشرات عادة ثنائية المسكن (Dioecious) اي ان الجنسين منفصلان الى ذكر وانثى ، وتكون الاناث في معظم الحشرات اكبر حجماً من الذكور وهناك اختلافات اخرى بين الذكور والاناث من حيث اللون ووجود الاجنحة وعدم وجودها ، وشكل اللوامس والارجل وغير ذلك .

اعضاء التكاثر في الحشرات .

لاتتميز اعضاء التكاثر في الذكور والاناث الا في مرحلة النمو بعد اكتمال التكوين الجنيني ، ويختلف الجهاز التناسلي في ذكور واناث الانواع المختلفة ، وبشكل عام تقسم الاعضاء التناسلية في الحشرات الى قسمين :

1 اعضاء التناسل الداخلية، وتتكون من زوج من المناسل (Gonads) ومجموعة من الاقنية الصادرة وبعض الملحقات مثل الغدد الاضافية (Glands) ، و المستودع المنوي (Spermatheca) وغير ذلك .

2 اعضاء التناسل الخارجية ، و تتمثل بآلة وضع البيض (Ovipositor) في الانثى وآلة الجماع (Copulatory Apparatus) في الذكر .

(أ) الجهاز التناسلي الذكري في الحشرات .

يتألف الجهاز التناسلي الذكري (شكل 3-33) من الاجزاء والتراكيب التالية :

- خصيتين تقعان فوق القناة الهضمية او على جانبها والخصية في الحشرات مكونة من مجموعة نبيبات دقيقة تسمى النبيبات المنوية .
- تفتح النبيبات المنوية في قناة صغيرة على نفس الجانب تعرف بالقناة الناقلة للحيامن (Vas Deferens) ، وتتصل مقدمة القناة الناقلة للحيامن بالخصية ومؤخرتها بالحويصلة المنوية (Seminal Vesicle) والتي تمثل منطقة متسعة من القناة الناقلة .
- تتحد القناتان الناقلتان للحيامن لتكونا القناة القاذفة (Ejaculatory Duct) ، التي تمتد الى القضيب (Penis) ، والذي يفتح في نهايته بالفتحة التناسلية التي تنطلق منها النطف او الحيامن .
- الغدتان المساعدتان (Accessory Glands) وتقعان عند بداية القناة القاذفة ، وهما تفرزان سائلاً مخاطياً يحيط بالنطف ويشكل تركيب كيسي حولها يدعى كيس النطف .

(ب) الجهاز التناسلي الانثوي في الحشرات .

يتألف الجهاز التناسلي الانثوي (شكل 3-33) من الاجزاء او التراكيب التالية :

- زوج من المبايض (Ovaries) يتكون كل منهما من عدد من نبيبات بيض تدعى فروع المبيض (Ovarioles) ، وهذه النبيبات لاتحتوي تجويف . وتحتوي فروع المبيض على سليفات البيوض وخلايا بيضية مرتبة بشكل سلسلة وخلايا مغذية (Nurse Cells) فضلاً عن خلايا نسيجية اخرى .
- قناتي بيض جانبيتين يرتبط الجزء الخلفي لكل مبيض بقناة بيض جانبية .
- تتحد قناتا البيض الجانبيتان لتكونا قناة البيض الرئيسة .
- المهبل (Vagina) وهو الجزء الخلفي من الجهاز التناسلي وتفتح فيه قناة البيض الرئيسة .
- المستودع المنوي (Seminal Receptacle) وهو تركيب كيسي يلحق بالجهاز التناسلي الانثوي في اغلب الحشرات ولبعض الحشرات مستودعان منويان او ثلاثة . يتصل بالمستودع المنوي عادة غدة تعرف بغدة المستودع المنوي وهي تقوم بأفراز سائل يحفظ النطف اثناء بقاءها في المستودع .

• يرتبط المستودع المنوي بالجدار الظهري للمهبل ويتسلم النطف خلال الجماع ويطلقها بعد ذلك لتخصيب البيوض .

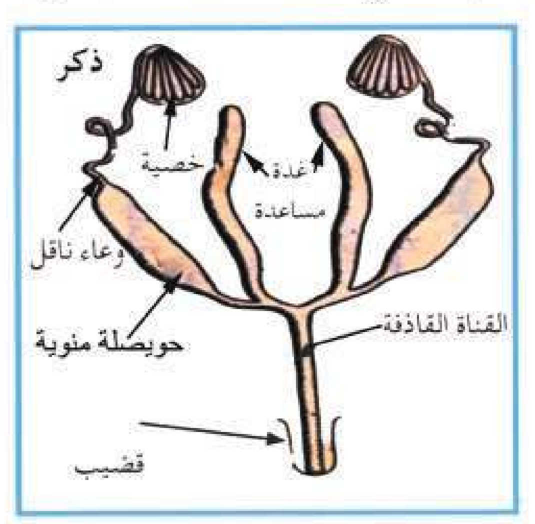
• الغدد المساعدة وهي تمثل بزوج من الغدد تتصل في نهايتها لتفتح في المهبل . وتتباين وظيفة الغدد المساعدة في الحشرات المختلفة فهي تكون مسؤولة عن تكوين كيس البيض في بعض الحشرات كما هو الحال في الصرصر، وقد تستعمل للدفاع كما في عاملات النحل وفي **النمل** تستخدم في **تعليم** مسار الحشرة .

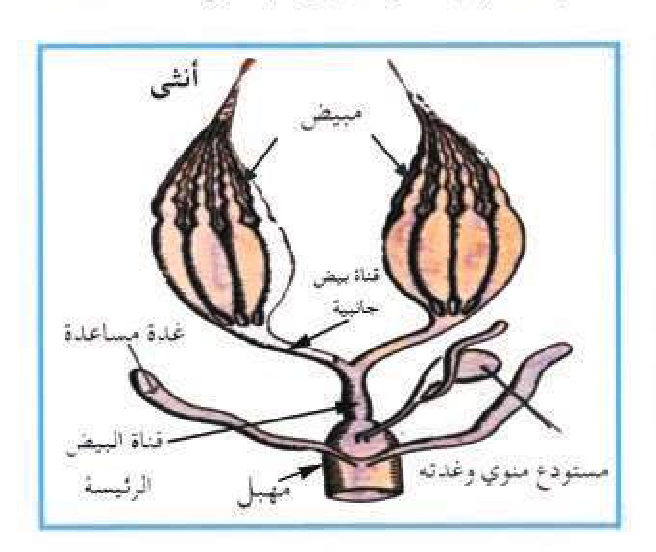
الاخصاب والتكاثر .

يتم الاخصاب بعد ان تلتقي حشرتان بالغتان احداهما ذكر والاخرى انثى من نفس النوع ويحصل الجماع (**Mating**) .

واثناء الجماع تنطبق الفتحة التناسلية الذكرية على الفتحة التناسلية الانثوية ، وعندها يطرح الذكر النطف في مهبل الانثى وتطرح الانثى بيوضها الناضجة في المهبل ايضاً وتخصب النطف البيوض. تضع انثى الحشرات عادة بيوضها المخصبة في اماكن تكون بيئتها ملائمة لنموها، وهي تضع بيوضها في حفر تحفرها بوساطة آلة وضع البيض او تلصقها على اوراق النباتات او تضعها في حفر تحفرها في سويق نباتات معينة، وتسمى الحشرات في مثل هذه الحالة بالحشرات البيوضة (**Oviparous**) ويعرف تكاثرها بالتكاثر البيضي (**Ovipary**) .

وتوجد حشرات تضع يرقات او حوريات بدلاً من البيوض وهذه تسمى بالحشرات الولودة (**Viviparous**) وقد يطلق عليها بيوضة ولودة (**Ovoviviparous**) ، ومثل هذه الحشرات تحتفظ بالبيوض المخصبة داخل جسمها وتحديداً في القناة المبيضية المشتركة، حتى ينمو الجنين ويتكامل وتفقس البيوض ثم تطرح الصغار خارجاً .





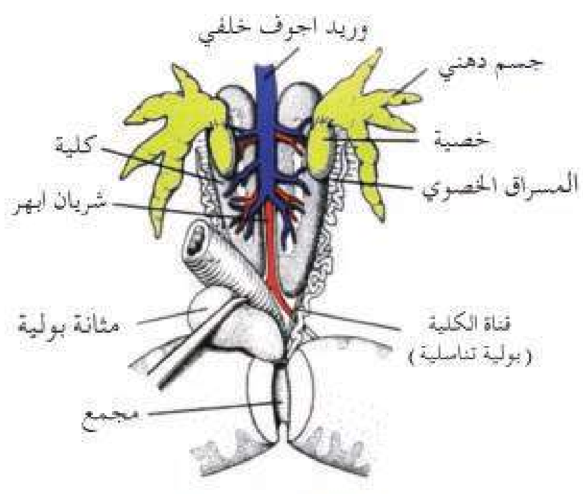
شكل (3-33) . جهاز التكاثر الذكري والانثوي في الحشرات .

3 – 9 – 5 . التكاثر في البرمائيات (الضفدع) (Reproduction in Amphibia) .

ينتمي الضفدع الى صنف البرمائيات (Amphibia) ضمن شعيبة الفقريات ، وهو يمثل نموذجاً تتضح فيه بأفضل صورة خطة بناء الجسم في رباعية الاقدام . يتكاثر الضفدع جنسياً ، وسوف نحاول فيما يأتي ان نوجز مكونات الجهاز التكاثري الذكري والانثوي في الضفدع مع ايجاز لعملية التكاثر فيه .

(1) الجهاز التكاثري الذكري في الضفدع .

يتالف الجهاز التكاثري الذكري في الضفدع (شكل 3-34) من الآتي :



شكل (3-34) . الجهاز التكاثري الذكري في الضفدع (للاطلاع) .

• زوج من الخصى تكون ملتصقة بالكليتين . والخصية تكون بشكل تركيب بيضوي متطاول ، ويكون لونها اصفر فاتح وهي ترتبط بالجدار الداخلي للجسم بوساطة مسراق الخصية (Mesorchium). ويوجد قرب النهاية الامامية للخصية عدة بروزات اصبعية الشكل يطلق عليها الاجسام الدهنية وهي تمثل مخازن غذاء يستخدمها الحيوان في انماء الخصى خلال فصل السبات الشتوي .

والخصية تحوي نبيبات منوية (Seminiferous Tubules) ملتوية وذات بطانة ظهارية تكون مسؤولة عن نشوء النطف بعملية تكوين النطف (Spermatogenesis).

• الاقنية الصادرة (Vasa Efferentia) وعددها في الغالب 10–12 قناة صادرة هي ترتبط بالنبيبات المنوية وتتصل الاقنية الصادرة بنبيبات الكلية .

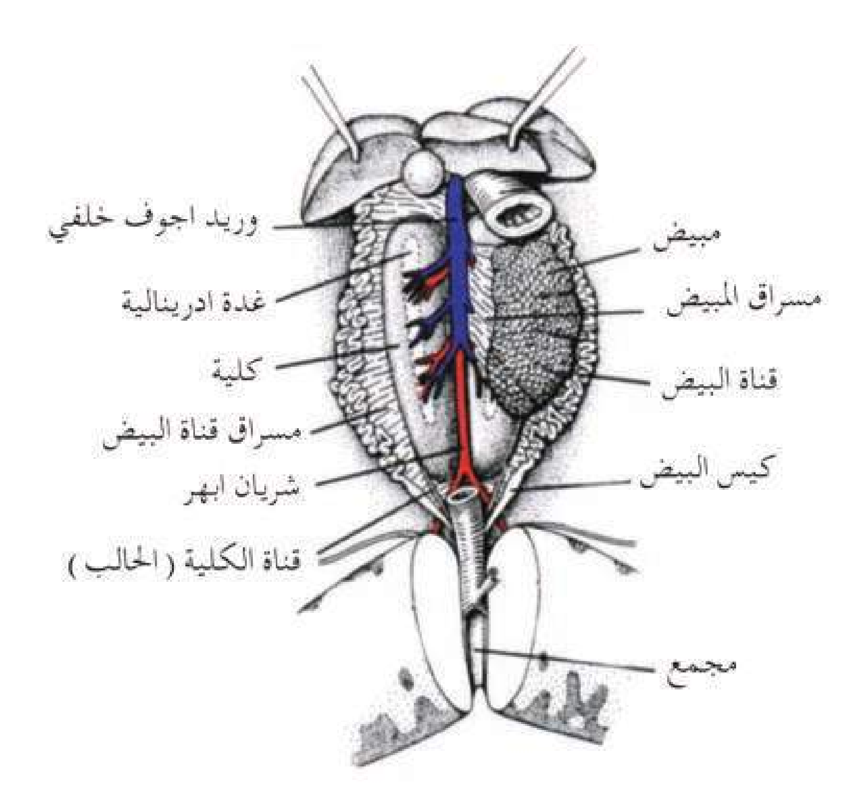
• القناتان الناقلتان للحيامن (Vas Deferens) وهما قناتان مشتركتان مع قناتي الكليتين ولذلك يطلق عليهما بالقناتين البوليتين التناسليتين (Urogenital Ducts) حيث تقومان بنقل البول والنطف وتفتح القناتان في المجمع (Cloaca). وقد تتوسع القناة الناقلة للنطف في جزئها الخلفي في بعض الضفادع لتكون حويصلة منوية (Seminal Vesicle) تخزن فيها النطف ولايمتلك الضفدع اعضاء جماع ذكرية خارجية .

(2) الجهاز التكاثري الانثوي في الضفدع .

يتألف الجهاز التكاثري الانثوي في الضفدع (شكل 3-35) من التراكيب التالية :

• مبيضين يقعان قرب الكلية ويرتبطان بجدار الجسم الداخلي بوساطة مسراق المبيض (**Mesovarium**) والمبيض في الضفدع عبارة عن تركيب كيسي غير منتظم يظهر بشكل كيس متعدد الفصوص ولونه رصاصي مسود ويوجد في النهاية الامامية للمبيض اجسام دهنية كتلك الموجودة في الذكر ، ويكون كلا المبيضين خلال فصل التكاثر متوسعين بشكل كبير . تنشأ البيوض من الخلايا الظهارية الجرثومية المبطنة للمبيض من خلال عملية تكوين البيوض (**Oogenesis**) .

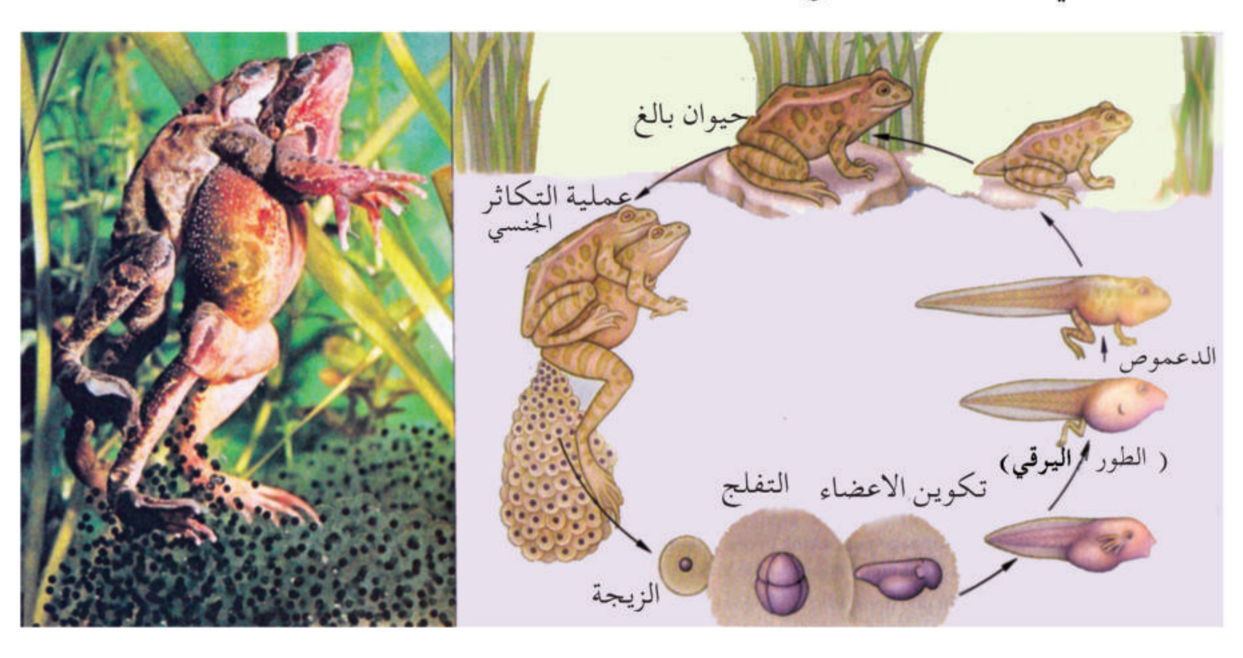
• قناتي بيض ، وقناة البيض في الضفدع عبارة عن انبوب غدي ابيض طويل وملتوي ، وهي لاتتصل اتصالاً مباشراً بالمبيض ، والنهاية الامامية لكل قناة بيض تشكل تركيباً قمعياً ذا فتحة مهدبة ووظيفة الاهداب تتمثل بتحريك البيوض نحو الخلف . يوجد في بطانة قناتي البيض غدد تفرز غطاء البوميني حول البيوض اثناء مرورها في القناة ، والنهاية الخلفية لكل قناة بيض تتوسع لتكون كيس البيض (**Ovisac**) حيث تتجمع البيوض قبل طرحها . تفتح قناتا البيض بفتحتين منفصلتين في جدار المجمع .



شكل (3-35) . الجهاز التكاثري الانثوي في الضفدع (للاطلاع) .

تتجمع الضفادع البالغة جنسياً في فصل التكاثر الذي هو في العادة فصل الربيع ، وهي عادة تتواجد في البرك والمستنقعات ذات المياه الضحلة ويحتضن الذكر الانثى بوساطة اطرافه الامامية حيث يكون الاصبع الاول في الذكر منتفخاً مكوناً مايعرف بالوسادة التناسلية (**Nuptial Pad**) التي تساعد في مسك الانثى وتبقى الضفادع على هذه الحال فترة من الوقت حيث يضغط الذكر على جسم الانثى ثم تبدأ الانثى بأطلاق بيوضها في الماء وفي نفس الوقت يبدأ الذكر بطرح نطفه فوق البيوض فيحدث الاخصاب وعادة تحاط البيضة الواحدة بعدد كبير من النطف ولكن نطفة واحدة فقط تنجح في الاخصاب ، وبعد ذلك تتكون البيضة المخصبة التي تمثل بداية تكوين الفرد الجديد، والاخصاب يحصل خارج جسم الانثى ويدعى بالاخصاب الخارجي (**External Fertilization**) .

بعد ذلك تمر البيضة المخصبة بمرحلة التفلج ويتكون دعموص الضفدع (**Tadpole**) والذي يكون مذنباً ومع تقدم النمو وحصول عملية تحول شكلي يفقد الدعموص الذنب والخياشيم التي تحل محلها الرئات لانجاز فعل التنفس في البالغات من الضفادع (شكل 3-36) .



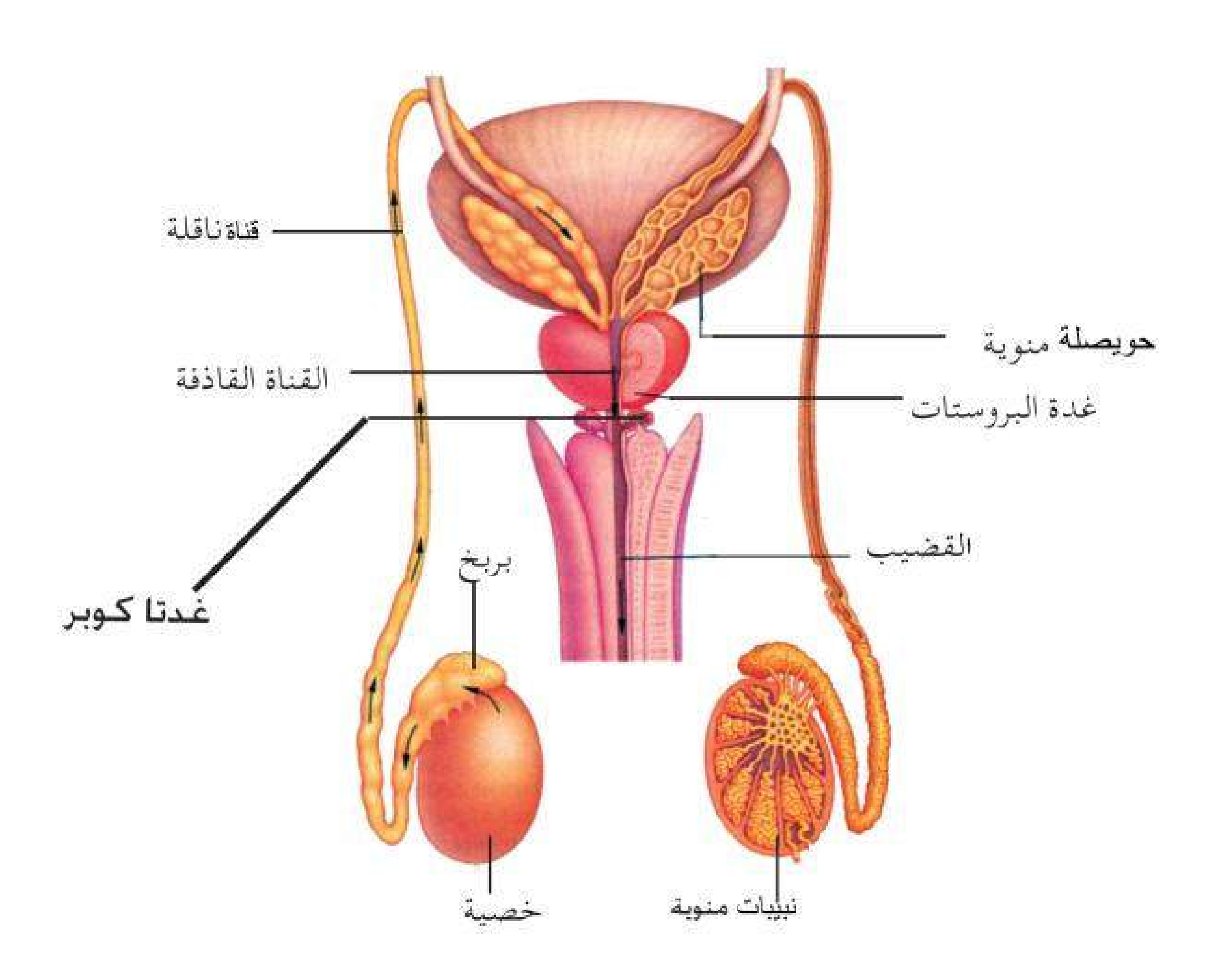
شكل (3-36) . التكاثر ودورة الحياة في الضفدع (للاطلاع) .

3 – 9 – 6 . التكاثر في الانسان (**Reproduction in Human**) .

وكما هو الحال في جميع الفقريات فأن الاجناس في الانسان منفصلة ، ويكون الجهاز التناسلي اكثر تعقيداً مما في بقية الفقريات وسوف نحاول التعرف على اجزاء الجهاز التكاثري الذكري والانثوي ووظيفة كل منه .

(1) الجهاز التناسلي الذكري في الانسان .

يتألف الجهاز التناسلي الذكري في الانسان (شكل 3-37) من اعضاء تكاثر وغدد مساعدة والجدول (3 - 3) يوضح مكونات الجهاز التناسلي الذكري مع وظيفة كل منها .



شكل (3-37) . الجهاز التناسلي الذكري في الانسان .

جدول (3-3) . مكونات الجهاز التناسلي الذكري في الانسان

(الارقام بين القوسين تبين عدد التراكيب)

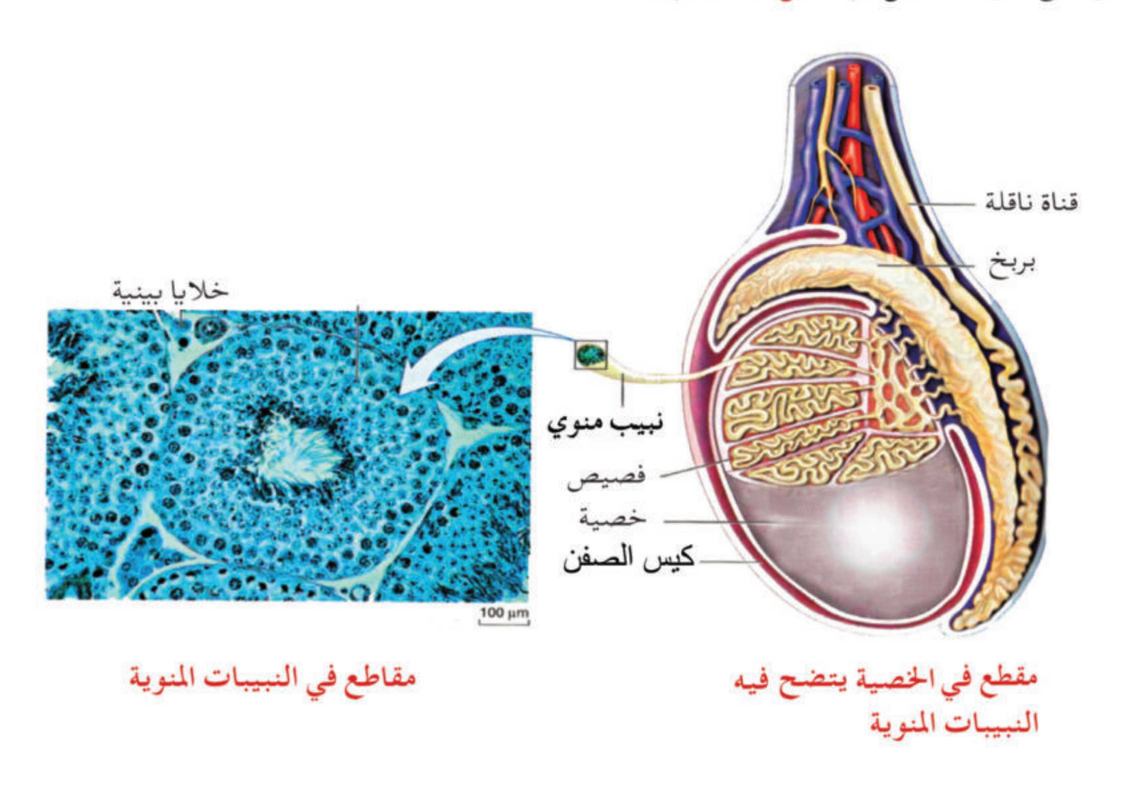
العضو	الوظيفة
اولاً : اعضاء التكاثر .	
1 . الخصية (2) تقع في كيس الصفن (Scrotum) وهما تتدليان كزائدة من الجسم من اجل الحفاظ على درجة حرارة مناسبة لتكوين النطف .	- تنتج النطف والهورمونات الجنسية .
2 . البربخ (2) (Epididymis) .	- تنضج فيه النطف وهو يمثل موقع لخزن النطف .
3 . القناة الناقلة للحيامن (2) (Vas Deferens) .	- تقوم بالنقل السريع للنطف كما تقوم بخزن النطف .
4 . القناة القاذفة (1) (Ejaculatory Duct) .	- توصل النطف الى القضيب .
5 . القضيب (1) (Penis) .	- عضو الجماع .
ثانياً : الغدد المساعدة .	
1 . الحويصلة المنوية (2) (Seminal Vesicle) .	- تفرز سائل الى النطف وتشكل افرازاتها جزءاً كبيراً من السائل المنوي .
2 . غدة البروستات (1) (Prostate Gland) .	- تفرز جزء من السائل المنوي .
3 . الغدة البصلية الاحليلية (2) (Bulbourethral Gland) وتسمى ايضاً غدة كوبر (Cowper`s Gland)	- تفرز سائل مخاطي يساعد في حركة النطف، كما يساعد في معادلة حموضة السائل الذي تسبح فيه النطف .

تكوين النطف .

تكون الخصية في الانسان بشكل تركيب بيضوي وهي تحتوي على نبيبات منوية (**Seminiferous Tubules**) (شكل 3-38) ، ويصل طول النبيبات المنوية مجتمعة حوالي **250** متر .

تنشأ في النبيبات المنوية سليفات النطف (**Spermatogonia**) ، والتي تزداد في حجمها وتنقسم انقساماً اعتيادياً لتنتج خليتين نطفيتين اوليتين (**Primary Spermatocytes**) وكلاهما ثنائي المجموعة الكروموسومية (**2س**) .

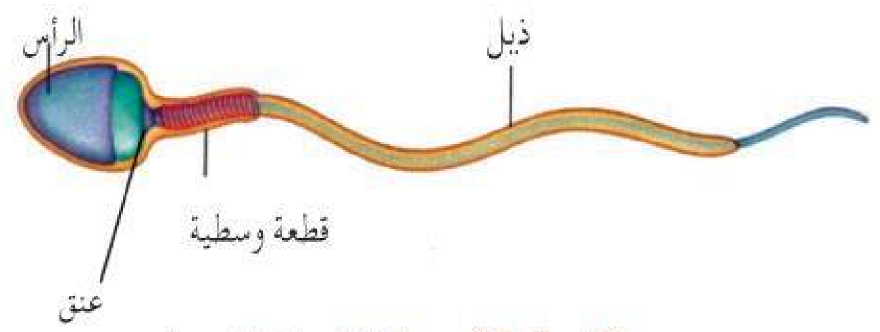
تمر الخلايا النطفية الاولية بمرحلة انقسام اختزالي اول لتنتج خلايا نطفية ثانوية (**Secondary Spermatocytes**) والتي تكون احادية المجموعة الكروموسومية (**س**) ، يعقبه انقسام اختزالي ثاني ينتج عنه خلايا أرومات النطف (**Early Spermatids**) وهي احادية المجموعة الكروموسومية (**س**) وهذه بدورها تتمايز لتكون النطف (**Sperms**) التي تكون هي الاخرى احادية المجموعة الكروموسومية (**س**) .
والنطفة الناضجة تتميز الى ثلاثة اجزاء هي الرأس (**Head**) والقطعة الوسطية (**Middle Piece**) والذيل (**Tail**) ، يتكون الرأس من النواة والقبعة الرأسية الحاوية على الجسيم الطرفي عند حافته الأمامية ، ويعتقد ان وظيفة الجسيم الطرفي تكوين مواد ذات طبيعة انزيمية تعمل على تحلل اغشية البيضة عند منطقة التقاء النطفة بالبيضة وبذلك تسهل مرور النطفة الى سطح البيضة وتحتوي القطعة الوسطية على محور من نبيبات طولية يعتقد بانها تسيطر على حركة الذيل (شكل 3-39) .



مقاطع في النبيبات المنوية

مقطع في الخصية يتضح فيه النبيبات المنوية

شكل (3-38) . تركيب الخصية في الانسان ، حيث تنضج فيها الفصيصات والنبيبات المنوية (للاطلاع)



شكل (3-39) . نطفة الانسان الناضجة .

(2) الجهاز التناسلي الانثوي في الانسان .

يتكون الجهاز التناسلي الانثوي في الانسان (شكل 3-40) من مبيضين وقناتي بيض ورحم ومهبل (جدول 3-4) .

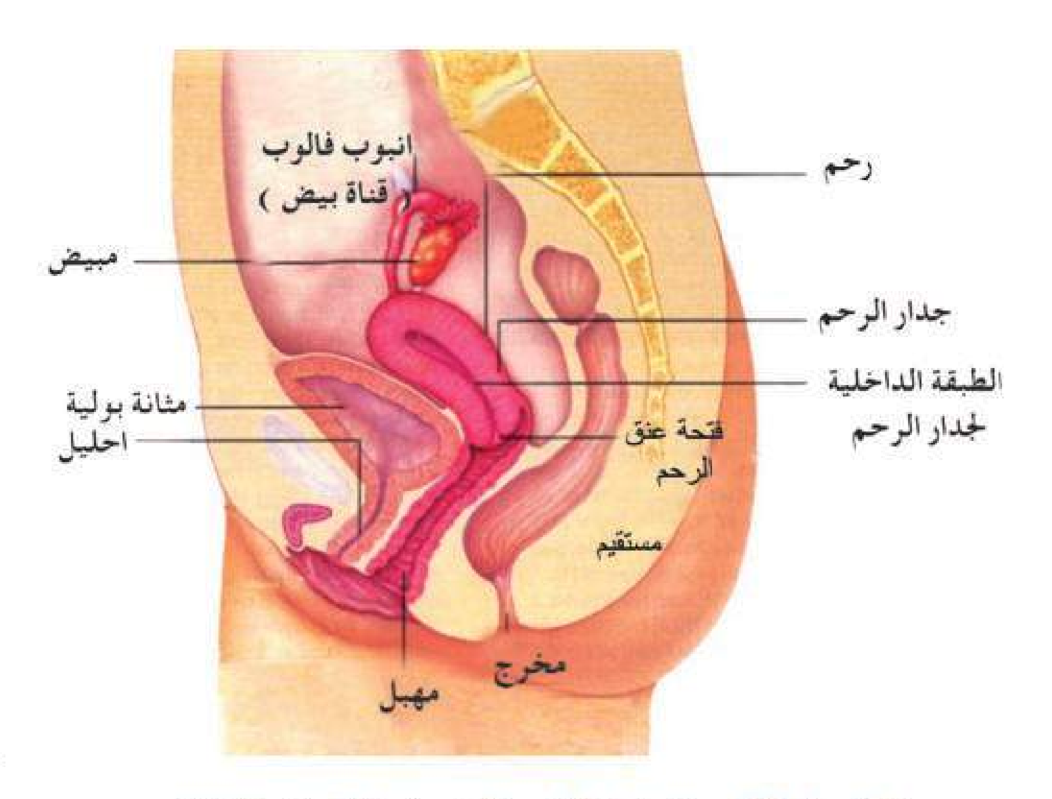
• يحوي المبيضان اللذان يكونان في العادة اصغر من الخصيتين ، آلافاً كثيرة من البيوض تنمو كل بيضة داخل حويصلة يطلق عليها حويصلة كراف (Graaffian Follicle) التي تنمو وتكبر بالحجم حتى تنفجر في النهاية لتطلق البيضة الناضجة" . وخلال الفترة الخصيبة للمرأة تنضج حوالي 13 بيضة في كل سنة ، حيث ان الانثى تبقى خصيبة لمدة ثلاثين سنة فقط ، فأن 300-400 بيضة فقط هي التي تجد الفرصة لتصل الى النضج بينما يتحلل بقية البيض ويضمحل .

• قناتي البيض (Oviducts) ويطلق عليهما قناتي او انبوبي فالوب (Fallopian Tubes) ، وهما انبوبتان لحمل البيض ، نهايتهما الامامية لهما فتحات قمعية الشكل تستقبل البيض الذي يتحرر من المبيض بعد عملية التبويض ، وقناة البيض ذات بطانة مهدبة لدفع البيض في مسيرته .

• تفتح قناتا البيض في الجانبين العلويين للرحم، الذي يتخصص لاحتضان الجنين اثناء الاشهر التسعة لبقائه داخل الرحم. والرحم ذو جدران عضلية سميكة، واوعية دموية كثيرة، وبطانة متخصصة .

• المهبل ويتمثل بأنبوبة عضلية مكيفة لاستقبال الجنين بعد خروجه من الرحم، وهو مكيف ايضاً لاستقبال العضو الذكري اثناء الجماع.

• وتشمل اعضاء التناسل الخارجية للانثى فتحة المهبل الخارجية (Vulva) والتي تضم الشفتين الصغيرتين والشفتين الكبيرتين .



شكل (3-40) . الجهاز التكاثري الانثوي في الانسان (للاطلاع) .

جدول (3-4) . مكونات الجهاز التكاثري الانثوي في الانسان .

(الارقام بين القوسين تبين عدد التراكيب)

العضو	الوظيفة
1. المبيض (2) (Ovaries) .	- ينتج البيوض وتنضج فيه، كما ،ينتج الهورمون الجنسي .
2. قناة البيض (2) (Oviducts) وتسمى قناتي فالوب (Fallopian Tubes) .	- توصل البيوض من المبيض الى الرحم، وعادة يحصل اخصاب البيوض فيهما.
3. الرحم (1) (Uterus) .	- الردهة التي ينمو فيها الفرد الجديد (الجنين).
4. عنق الرحم (1) (Cervix) .	- يفرز مواد مخاطية تسهل حركة النطف داخل الرحم وبعد الاخصاب تحمي الجنين من الاصابات البكتيرية .
5. المهبل (1) (Vagina) .	- عضو الجماع في انثى الانسان

الاخصاب والحمل .

يحدث الاخصاب بعد دخول الحيوانات المنوية (النطف) الى المهبل من خلال عملية الجماع بين الذكر والانثى عند او قرب وقت التبويض .

• تسبح النطف من المهبل بأتجاه عنق الرحم ثم تدخل الرحم وتصعد منه الى قناة البيض (قناة فالوب) ، حيث يحصل الاخصاب فيها اذا تواجدت بيضة ناضجة حية في الثلث العلوي منها .

واذا حصل وانحدرت البيضة الناضجة الى اسفل قناة البيض قبل الاخصاب فأنها سوف تفقد قدرتها على الاخصاب .

• تخصب البيضة الناضجة بنطفة واحدة فقط وبعد الاخصاب تتكون البيضة المخصبة (**Zygote**) في قناة البيض ثم تبدأ بالانحدار الى الاسفل حتى تصل الرحم حيث يغرس الجنين في الجدار السميك المبطن للرحم .

• تنمو الاغشية الجنينية لتكوين كيس يحيط بالجنين ويحوي السائل السلوي (**Amniotic Fluid**) .

• عند نهاية غرس الجنين في جدار الرحم تبدأ مرحلة الحمل ويستمر الجسم الاصفر بأفراز هورمون البروجسترون بعد اليوم السادس والعشرين من الدورة الشهرية وحتى الشهر الخامس ، حيث يعجز عن تكوين كمية كافية من هذا الهرمون لاستمرار الحمل ، وتقوم المشيمة بالتعويض حيث تعمل كغدة صماء لتعطي الكمية اللازمة من هورمون البروجسترون الى جدار الرحم مباشرة بدلاً من افرازه في مجرى الدم .

• يكون الجنين جاهزاً للولادة بعد حوالي تسعة اشهر من ابتداء نموه . وقبل موعد الولادة تتوقف المشيمة عن انتاج هورمون البروجسترون فيبدأ الرحم بالتقلص وتعتبر هذه اول اشارة لبدء الولادة ، ثم يفتح عنق الرحم وينشق الكيس الحاوي على السائل فينزل السائل الى الخارج .

ثم يبدأ الرحم تقلصات قوية ومتتالية لتدفع الطفل خارج الرحم من خلال عنق الرحم ثم الى المهبل ثم الى خارج الجسم .

• يزداد حجم الثدي عند المرأة خلال فترة الحمل وتفرز الغدد اللبنية اللبن استجابة الى تأثير الهورمونات ، واستمرار افراز اللبن يعتمد على مدى استمرار الطفل في الرضاعة .

الدورة الحيضية (Menstrual Cycle) .

يحدث في الجهاز التناسلي لانثى الانسان الناضجة جنسياً تغيرات دورية ، وتبدأ هذه التغيرات عادة عندما تصل الانثى مرحلة البلوغ (12-14 سنة) ، وتحصل هذه التغيرات ضمن مايسمى بالدورة الحيضية (Menstrual Cycle) .

تتضمن الدورة تغيرات تحصل في المبيض تقود الى عملية التبويض (**Ovulation**) ، والشكل (**3-41**) يوضح الادوار الرئيسية لعملية التبويض ونمو الحوصلات المبيضية كما تحصل تغيرات في بطانة جدار الرحم ، والجدول (**3-5**) يوضح احداث الدورة المبيضية والدورة الرحمية .

(1) الدورة المبيضية (Ovarian Cycle) .

تتم السيطرة على الدورة المبيضية بوساطة الهرمونات المحرضة للمناسل (**Gonadotropic Hormones**) والهورمون المحفز للحوصلات (**Follicle Stimulating Hormone - FSH -**) والهورمون المحفز للجسم الاصفر (**Luteinizing Hormone -LH-**) ويمكن ايجاز احداث الدورة المبيضية بالآتي :

أ مرحلة تكون الحوصلة البدائية ، حيث تحتوي سليفة البيضة التي تكون ثنائية المجموعة الكروموسومية ، وتبدأ فيها عملية الانقسام الاختزالي الاول .

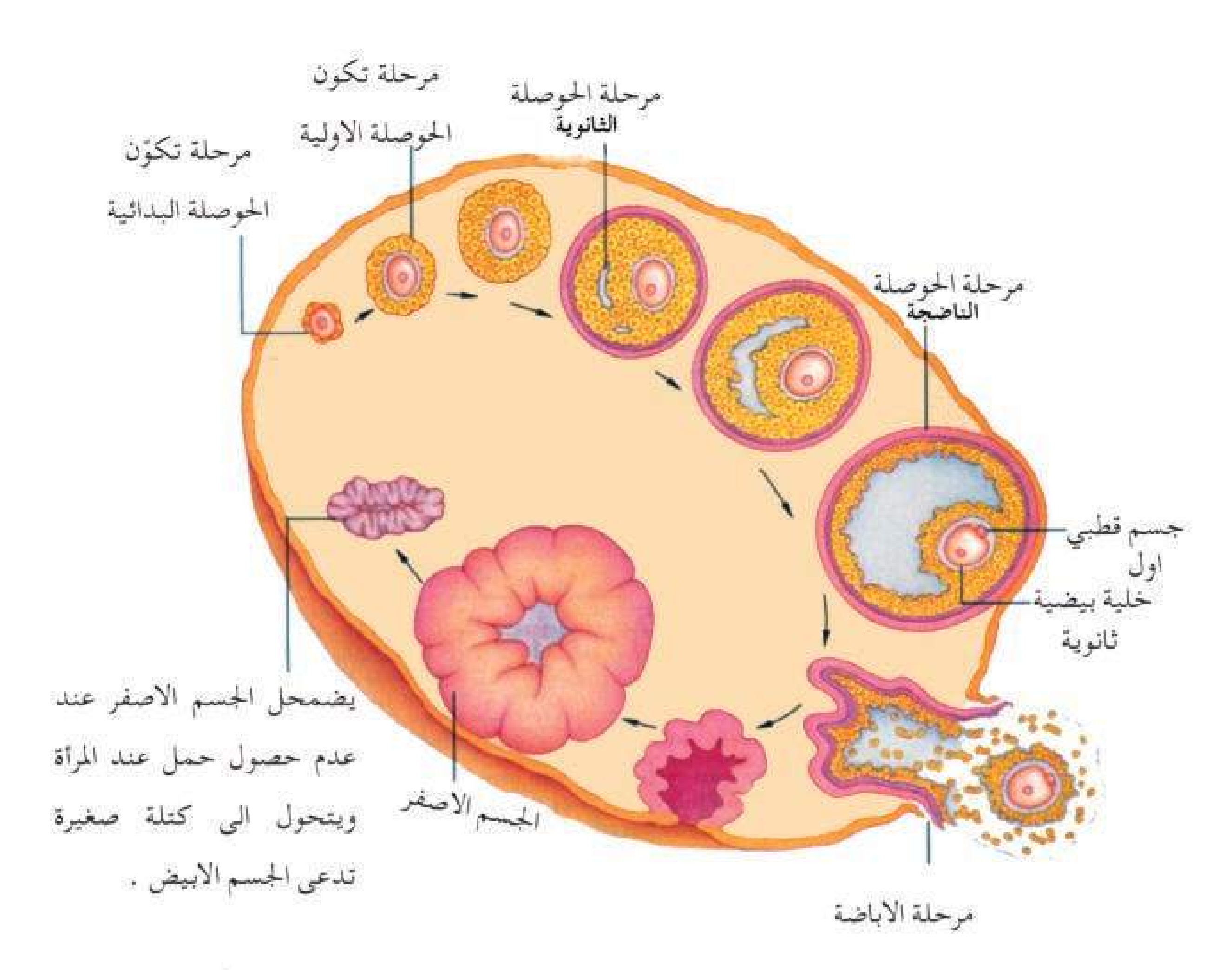
ب مرحلة تكون الحوصلة الاولية حيث تبدأ المنطقة الشفافة (**Zona Pellucida**) بالتكّون حول البيضة .

جـ مرحلة الحوصلة الثانوية ويظهر فيها تجويف الحوصلة المليء بأفرازت من الخلايا الحوصلية وبعض مكونات بلازما الدم وبروتينات وغير ذلك .

د مرحلة الحوصلة الناضجة وفيها تنضج الحوصلة **وتكتمل** عملية الانقسام الاختزالي الاول ، وتتكون خلية بيضية ثانوية وجسم قطبي اول .

هـ مرحلة الاباضة (**Ovulation**) وفيها **تتمزق** حوصلة البيضة وتتحرر الخلية البيضية الثانوية والجسم القطبي الاول .

و مرحلة تكون الجسم الاصفر (**Corpus Luteum**) من بقايا الحوصلة الممزقة . (يتحلل الجسم الاصفر عندما لايحصل حمل عند المرأة) .



الشكل (3–41) . احداث الدورة المبيضية في انثى الانسان الناضجة جنسياً .

(2) الدورة الرحمية (Uterine Cycle) .

تنتج الهورمونات الجنسية الانثوية في الدورة المبيضية (الايستروجين (Estrogen) والبروجيسترون (Progesterone)) وهذه الهرمونات تؤثر في الطبقة الداخلية لجدار الرحم (Endometrium) وتسبب سلسلة دورية من الاحداث يطلق عليها **بالدورة الرحمية وتستغرق الدورة ثمانية وعشرون يوماً** وتقسم كما يأتي :

أ خلال الايام 1–5 يكون مستوى الهرمونات الجنسية واطئً ممايؤدي الى تمزق في جدار الرحم والاوعية الدموية فيه ، ويخرج الدم الى الخارج عن طريق المهبل خلال الحيض .

ب خلال الايام 6–13 يزداد انتاج هورمون الايستروجين (المودق) بوساطة الحوصلة المبيضية ويحصل تثخن او تسمك في جدار الرحم الداخلي ويصبح وعائي وغدي . وهذا مايدعى بطور التكاثر في الدورة الرحمية تحصل الاباضة عادة في اليوم 14 من دورة الـ28 يوم .

ج خلال الايام 15-28 يزداد انتاج البروجسترون بوساطة الجسم الاصفر مسبباً زيادة مضاعفة في سمك جدار الرحم الداخلي وزيادة الغدد الرحمية، التي تنتج افرازات مخاطية . وهذه يطلق عليها الطور الافرازي من الدورة الرحمية .

والجدار الداخلي للرحم في هذه الحالة مهيأ لاستقبال الجنين النامي . وفي حالة عدم حصول الحمل ، فأن الجسم الاصفر سوف يضمحل وينخفض مستوى الهورمونات الجنسية في جسم الانثى ويحصل تمزق في الجدار الداخلي للرحم وتحصل الدورة الحيضية .

جدول (3-5) . الدورة المبيضية والدورة الرحمية .

الدورة المبيضية		الدورة الرحمية	
الطور	الاحداث التي تمر بها	الطور	الاحداث التي تمر بها
1. الطور الحوصلي اليوم (1-13) .	- ينتج هورمون محفز للحويصلات - استروجين - انضاج الحوصلات	1. طور الدورة الحيضية اليوم (1-5) .	- يتمزق جدار الرحم الداخلي .
2. طور التبويض اليوم (14) .	- يقلل انتاج الهورمون المحفز للجسم الاصفر	2. طور النشوء اليوم (6-13) .	- يعاد اصلاح جدار الرحم الداخلي .
3. طور الجسم الاصفر اليوم (14-28)	- يفرز الهورمون المحفز للجسم الاصفر على تكوين الجسم الاصفر الذي يفرز هورمون البروجسيترون	3. طور الافراز اليوم (15-28) .	- يتثخن جدار الرحم الداخلي وتنضج الغدد لتطرح افرازاتها .

3-10. التكاثر العذري (Parthenogenesis) .

يعد التكاثر العذري نوع من انواع التكاثر الذي ينمو فيه الجنين من بيضة غير مخصبة . ويحدث التكاثر العذري في بعض الديدان الخيطية والقشريات والحشرات ، وفي انواع عديدة من الاسماك والبرمائيات والسحالي الصحراوية .

يكون التكاثر العذري شائعاً في نحل العسل فأنثى النحل او الملكة تلقح من قبل الذكر مرة واحدة في حياتها ، فتحتفظ بالحيوانات المنوية او النطف في كيس خاص متصل بالمسلك التناسلي ويغلق بصمام عضلي ، وعندما تضع الملكة بيوضها فأما ان تفتح الصمام لتنطلق النطف فتخصب تلك البيوض او ان تبقيه مغلقاً فتنمو البيوض دون اخصاب ، علماً إنَّ البيوض غير المخصبة ينتج عنها ذكوراً . وفي بعض الحالات يكون التكاثر العذري هو النوع الوحيد من التكاثر ، فهناك تجمعات معينة من السحالي السوطية تعيش في الجنوب الغربي من امريكا ، هي سلالات تتكون جميع افرادها من الاناث وهذه الاناث ثنائية المجموعة الكروموسومية ، وذلك لان الكروموسومات فيها تضاعف نفسها قبل عملية الانقسام الاختزالي لتصبح رباعية المجموعة الكروموسومية (4س) (Tetraploid) وبعد الانقسام تصبح ثنائية المجموعة الكروموسومية وتنمو البيوض ثنائية المجموعة الكروموسومية بدون اخصاب .

3-11. التكاثر الخنثي (Hermaphroditism) .

تمتلك انواع كثيرة من الحيوانات اعضاء تكاثرية ذكرية وانثوية في نفس الفرد وتسمى هذه الحيوانات خنثية (Hermaphroditic) ، لذلك ينتج الفرد الواحد بيوض ونطف معاً، وعادة تتحاشى اغلب الحيوانات الخنثية الاخصاب الذاتي بتبادل خلاياها التناسلية مع بعضها البعض فدودة الارض مثلاً بالرغم من كونها تحمل اعضاء تكاثرية ذكرية واخرى انثوية في آن واحد الا ان بيوضها تخصب من قبل الفرد المقترن بها والعكس بالعكس .

وهناك بعض الحيوانات الخنثية تتحاشى الاخصاب الذاتي وذلك عن طريق نمو ونضوج البيض والنطف في اوقات متباينة .

وعلى العكس نجد ان الدودة الشريطية (Tapeworm) لها القابلية على الاخصاب الذاتي (Self-fertilization) ، اي ان نطفها هي التي تلقح بيوضها. والخنثية تتضح لها صور مختلفة في العديد من الحيوانات اللافقرية مثل بعض الديدان المسطحة والديدان الحلقية وانواع القشريات، وتكون قليلة الوضوح في الفقريات فبأستثناء بعض الاسماك تكون الخنثية نادرة في الفقريات الاخرى .

أسئلة الفصل الثالث

السؤال الاول :

اكتب المصطلح العلمي الذي يدل على كل عبارة مما يأتي :

1- .... خلايا تنتج من انقسامات غير مباشرة متعددة للخلايا الجرثومية الاولية المبطنة للنبيبات المنوية.

2- .... كائن حي وحيد الخلية من الطحالب الخضر ،تتميز الخلية الخضرية له بأمتلاكها سوطين .

3- .... تركيب كيسي اسطواني او بيضوي الشكل توجد داخله حبوب اللقاح .

4- .... تركيب قلبي الشكل اخضر اللون يحمل الاركيكونيوم والانثريديوم ، وينمو في طرفه المدبب اشباه الجذور .

5- .... سيقان متضخمة وخازنة للغذاء تنموتحت التربة.

6- .... طريقة تكاثر خضري يبقى فيها الغصن او الفرع متصلا بأمه ويدفن تحت التربة.

السؤال الثاني :

اذكر موقع ووظيفة كل من :

الجسيم الطرفي ، الخلايا البينية ، الجسم الاصفر ، الغدتان المساعدتان ، غدة البروستات ، انبوبي فالوب ، الميسم ، فتحة النقير .

السؤال الثالث :

قارن بين :

1 - الخلية المعطية والخلية المستلمة في التكاثر الجنسي في البكتريا .

2 - الاركيكونيا والانثريديا .

3 - الاوراق الكأسية والاوراق التويجية .

4 -التلقيح الخلطي والتلقيح الذاتي .

5 -الاثمار العذري الاصطناعي والاثمار العذري الطبيعي .

6 -الثمار المركبة والثمار المتجمعة .

7 -التكاثر بالمدادات والتكاثر بالرايزومات .

8 - الحشرات البيوضة والحشرات البيوضة الولودة.

9 - طريقة الاقتران وطريقة الاخصاب الذاتي في البراميسيوم .

السؤال الرابع :

اكمل العبارات التالية :

1 - تتكون النطف في............. التي تتألف من اعداد كبيرة من ....

2 - يحصل التكاثر في الفيروسات من خلال دورتين متداخلتين اولهما دورة............وثانيهما دورة ....

3 - يتكاثر البراميسيوم جنسيا بطريقتين .... و.................... .

4 - قد تتراكم صبغة (الانثوسيانين) البنفسجية لانضاج الثمار كما في .... و............ .

5 - تشمل دورة الحياة المثالية للاسعات طورين هما .... و........................ .

6 - تتكاثر البلانريا لاجنسيا بطريقة ....

7 - تقسم الاعضاء التناسلية في الحشرات الى قسمين :

أ.......................... ب.......................................

8 - يصل طول النبيبات المنوية في خصية الانسان حوالي ....

9 - تتميز النطفة الناضجة في الانسان الى ثلاثة اجزاء هي ....و...........و........... .

10 - يعتمد افراز حليب انثى الانسان على ....

السؤال الخامس :

عرف المصطلحات العلمية التالية :

الاخصاب المزدوج ، القصرة، الثمار الكاذبة ، الثمار المضاعفة ، انبوب اللقاح ، الوسادة التناسلية ، حويصلة كراف ، التكاثر العذري .

السؤال السادس :

اكتب داخل القوسين الحرف الذي يشير الى الجواب الصحيح :.

( ) 1 . تتكاثر الهايدرا بعدة طرق ما عدا :

أ. التبرعم . ب. التجدد .

ج. الانشطار . د. الامشاج .

( ) 2 . تتضح ظاهرة تعاقب الاجيال في دورة حياة :

أ. البكتيريا . ب. البلازموديوم .

ج. الاميبا . د . مملكة النبات .

( ) 3 . تتكاثر البكتيريا لاجنسيا عن طريق :

أ. التبرعم . ب. الانشطار الثنائي .

ج. التجدد د. تكوين الابواغ .

( ) 4 . يتكاثر البراميسيوم لاجنسيا عن طريق :

أ. الانقسام الثنائي . ب. التجدد .

ج. التبرعم . د. تكوين الابواغ .

( ) 5 . احدى الكائنات الحية التالية لاتتكاثر لاجنسيا بالانقسام الثنائي :

أ. البراميسيوم . ب. البكتيريا .

ج. اليوغلينا . د. عفن الخبز .

( ) 6 . يتكاثر عفن الخبز الاسود لاجنسيا بطريقة :

أ التكاثر الخضري . ب . التبرعم .

ج. تكوين الابواغ . د . الانقسام الثنائي .

( ) 7 . تتكاثر الهايدرا لاجنسيا عن طريق :

أ. التبرعم والانقسام الثنائي . ب . تكوين الابواغ والانقسام الثنائي .

ج. التبرعم والتقطيع والتجدد . د. التكاثر الخضري والتقطيع والتجدد .

( ) 8 . تعرق الاوراق في النباتات ذوات الفلقتين:

أ. شبكي . ب . متوازي .

ج. عمودي . د. متقاطع .

( ) 9 . من الكائنات الحية التالية تتكاثر بالتقطيع والتجدد :

أ. البلاناريا . ب. الهايدرا .

ج. البكتيريا . د. غيرما ذكر .

السؤال السابع :

اكتب نبذة مختصرة عن كل من المواضيع التالية :

1. دور النحل في عملية تلقيح النباتات .
2. مراحل تكوين الجنين في نباتات ذوات الفلقتين .
3. **التطعيم** بالقلم .
4. الجهاز التكاثري الذكري في الضفدع .

السؤال الثامن :

اكتب ما تعرفه عن كل مما ياتي:

1. خطوات التكاثر اللاجنسي في البكتيريا، موضحا ذلك بالرسم .
2. ظاهرة تعاقب الاجيال في عملية تكاثر النباتات .
3. خطوات الزراعة النسيجية للنخيل .
4. عملية التزاوج في ديدان الارض .
5. احداث الدورة الرحمية في انثى الانسان .

السؤال التاسع :

ماذا يحدث في الحالات التالية ؟

1. وجود الخصيتان داخل تجويف البطن في ذكر الانسان .
2. غياب الاهداب في بطانة قناة فالوب .
3. حقن او رش مبايض بعض الازهار بهورمونات نباتية خاصة .

السؤال العاشر:

وضح بالرسم مع كتابة البيانات :

1. تكوين النطف في الثدييات .
2. تركيب الثمرة .
3. جهاز التكاثر في البلاناريا
4. جهاز التكاثر الذكري والانثوي في الحشرات .

السؤال الحادي عشر :

علل وفسرالحقائق التالية:

1. عملية التكاثر تؤمن بقاء النوع .
2. يقوم بوظيفة التكاثر في بعض الانواع الحيوانية عدد قليل من افراد الجيل الواحد .
3. تعدُّ ظاهرة تعاقب الاجيال افضل صور التكاثر .
4. في التكاثر اللاجنسي تهلك الافراد عند تغير ظروف البيئة .
5. يلجأ الانسان للتلقيح الاصطناعي احيانا .
6. انتاج حبوب اللقاح بأعداد كبيرة .
7. يؤدي نضج الثمار والبذور الى تعطيل **النمو** الخضري للنبات .
8. وجود النقير في كل من البويض والبذرة .
9. وجود غدة كوبر والبروستات والحوصلة المنوية في الجهاز التناسلي لذكر الانسان .
10. تستطيع الفيروسات التكاثر **والنمو** داخل الخلايا الحية ، ولكنها تفقد هذه القدرة خارجها.
11. يفرز ذنب الفيروس انزيما عند التصاقه بالخلية البكتيرية .
12. ينصح المزارعون بأقامة خلايا النحل في البساتين او قريبا منها .
13. التكاثر عن طريق الابواغ من افضل صور التكاثر اللاجنسي .
14. تتباين وظيفة الغدتان المساعدتان في الحشرات .
15. تعد طريقة الانشطار في البلاناريا طريقة تكاثر سريعة .

الفصل الرابع
التكوين الجنيني

محتويات الفصل

النواتج التعليمية :

بعد الانتهاء من دراسة الفصل الرابع نأمل من الطالب ان يكون قادراً على ان :

1. يعرف مفهوم التكوين الجنيني .
2. يعرف مفهوم **النمو** ويبين انواعه .
3. يبين مفهوم **التمايز** الخلوي .
4. يشرح مفهوم التكوين الجنيني .
5. يحدد مستويات التعضي في الحيوانات ويوجز تعريفاً لكل منها .
6. يبين **مفاهيم** اهم الآراء والنظريات عن التكوين الجنيني .
7. يبين **مفاهيم** التكوين الجنيني الاساسية .
8. يعرف التفلج .
9. يشرح **التمعد** وتكوين الطبقات الجرثومية .
10. يشرح مراحل التكوين الجنيني في الرميح .
11. يبين المكونات الرئيسة في جسم الرميح ويشرح كل منها .
12. يبين العوامل التي تتسبب في حدوث تشوهات خلقية في الانسان .
13. يتعرف على انواع التوائم .
14. يبين مفهوم المباعدة بين الولادات .
15. يعرف الخلايا الجذعية ويبين انواعها .
16. يشرح مفهوم الاستنساخ في الحيوان .
17. يوضح بعض التقانات المختلفة المستخدمة في علاج العقم .

التكوين الجنيني

4-1. مقدمة



ان عملية التكوين الجنيني او الانماء عملية جديرة بالاهتمام وهي تبعث في كثير من الاحوال على الرهبة والتساؤل فكيف يمكن لبيضة الانسان الصغيرة التي لايتجاوز قطرها 100 مايكروميتر بحيث لاترى بالعين المجردة ان تصبح كائناً (فرداً) كامل التكوين يتكون من آلاف البلايين من الخلايا التي تنجز كل مجموعة منها دوراً وظيفياً مقرراً لها ، ويتضمن التكوين الجنيني عمليات نمو وتمايز تعد من السمات الاساسية للحياة .

والسؤال الذي يطرح نفسه هو كيف يمكن ضبط ذلك الانفراد العجيب في التكوين ؟

وللاجابة عن ذلك نقول ان جميع المعلومات الضرورية موجودة بداخل البيضة المخصبة ، وبصورة رئيسة في جينات النواة وهكذا فأن جميع مراحل التكوين الجنيني تنشأ من تركيب جزيئات الحامض الرايبي منقوص الاوكسجين (DNA) بداخل البيضة المخصبة .

4-2. مفهوم النمو (Concept of Growth) .

يعرف النمو بأنه الزيادة الحاصلة في حجم ووزن الخلايا المكونة للكائن الحي ، وحيث ان الانسجة تتكون من عدد هائل من الخلايا الحية يكون لها دور اساس في عملية النمو ، ويكون نمو الخلايا بأحد الطرق التالية :

1 النمو بطريقة التكاثر الخلوي او مضاعفة الخلايا ، ويتم عن طريق تكوين خلايا جديدة من خلال عملية الانقسام .

2 النمو الخلالي او البيني ، ويقصد بهذا النوع من النمو بأنه النمو الحاصل من زيادة المواد بين الخلوية التي تدخل في بناء الانسجة كالياف الانسجة الضامة والمواد البينية ، ومثال ذلك النمو الذي يحصل في الغضروف الزجاجي حيث تنمو خلاياه وتتمايز الى خلايا غضروفية بالغة تقوم بأفراز مواد خلالية (بينية) تشكل المادة الاساس للنسيج الغضروفي الزجاجي وهي تتمثل ببروتين غضروفي مخاطي (Chondromucoprotein) وهكذا فأن الغضروف ينمو بأزدياد مواده الخلالية (البينية) .

3 **نمو** الخلايا المفردة ، وهو نوع نادر الحدوث حيث يحصل فيه نمو في حجم الخلايا ، ومثال ذلك نمو الخلايا العصبية حيث انها تزداد في الحجم اضعاف حجمها الاصلي ، ويرجع ذلك الى زيادة حجم السايتوبلازم عن طريق تكوين عضيات جديدة وكذلك نمو التشجرات (Dendrites) في الخلية العصبية الذي يزيد من المساحة السطحية للخلية .

4-3. مفهوم التمايز الخلوي (Concept of Cell Differentiation) .

يعرف التمايز الخلوي بأنه قدرة الخلايا الجنينية في المراحل المبكرة من التكوين الجنيني او النماء على اكتساب المقدرة الوظيفية ، ويقصد هنا بالمقدرة الوظيفية الخاصة بالخلية او مجموعة الخلايا التي لايمكن للخلايا الاخرى ان تقوم بها ، وعلى سبيل المثال عملية التقلص في الخلايا او الالياف العضلية تمثل سمة وظيفية مميزة للخلايا العضلية لاتستطيع غيرها القيام بها وكذلك عملية الافراز التي تحصل في الخلايا الغدية .

وكيفية حدوث التمايز الخلوي غير مفهومة بالكامل بالرغم من التعرف على بعض العوامل التي تلعب دوراً في توجيه بعض الخلايا في عملية التمايز .

4-4. مستويات التعضي في تعقيد الحيوان (Level of Organization in Animal)

يعد التعقيد المتزايد من اهم المميزات في تاريخ تطور الحيوان ، فأبسط الحيوانات وحيدة الخلية الصغيرة ذات مجال اضيق بكثير في درجة التعقيد .

وعلى الرغم من ذلك فأن هذه الحيوانات كائنات كاملة تؤدي جميع الوظائف الحيوية الاساسية التي تؤديها الحيوانات الاكثر تعقيداً .

تظهر الحيوانات خمس مستويات من التعضي تترتب بحيث تكون كل منها اكثر تعقيداً من سالفتها وهي كالآتي :

(أ) المستوى البروتوبلازمي للتعضي .

يتضح التعضي البروتوبلازمي في الاحياء وحيدة الخلية مثل الطليعيات ، وفيها تنحصر جميع الوظائف الحيوية داخل حدود الخلية الواحدة التي تمثل الوحدة الاساسية للحياة . وتتميز في بروتوبلازم الخلية عضيات قادرة على اداء الوظائف المتخصصة .

(ب) المستوى الخلوي للتعضي.

نعني بالتعضي الخلوي ان هناك مجموعة من الخلايا المتمايزة وظيفياً. ويتضح في هذه المرتبة من التعضي تقسيم في العمل اذ تختص بعض الخلايا بالتكاثر والبعض الآخر بالتغذية كما هو الحال في مستعمرة الفولفكس

(جـ) مستوى النسيج الخلوي للتعضي.

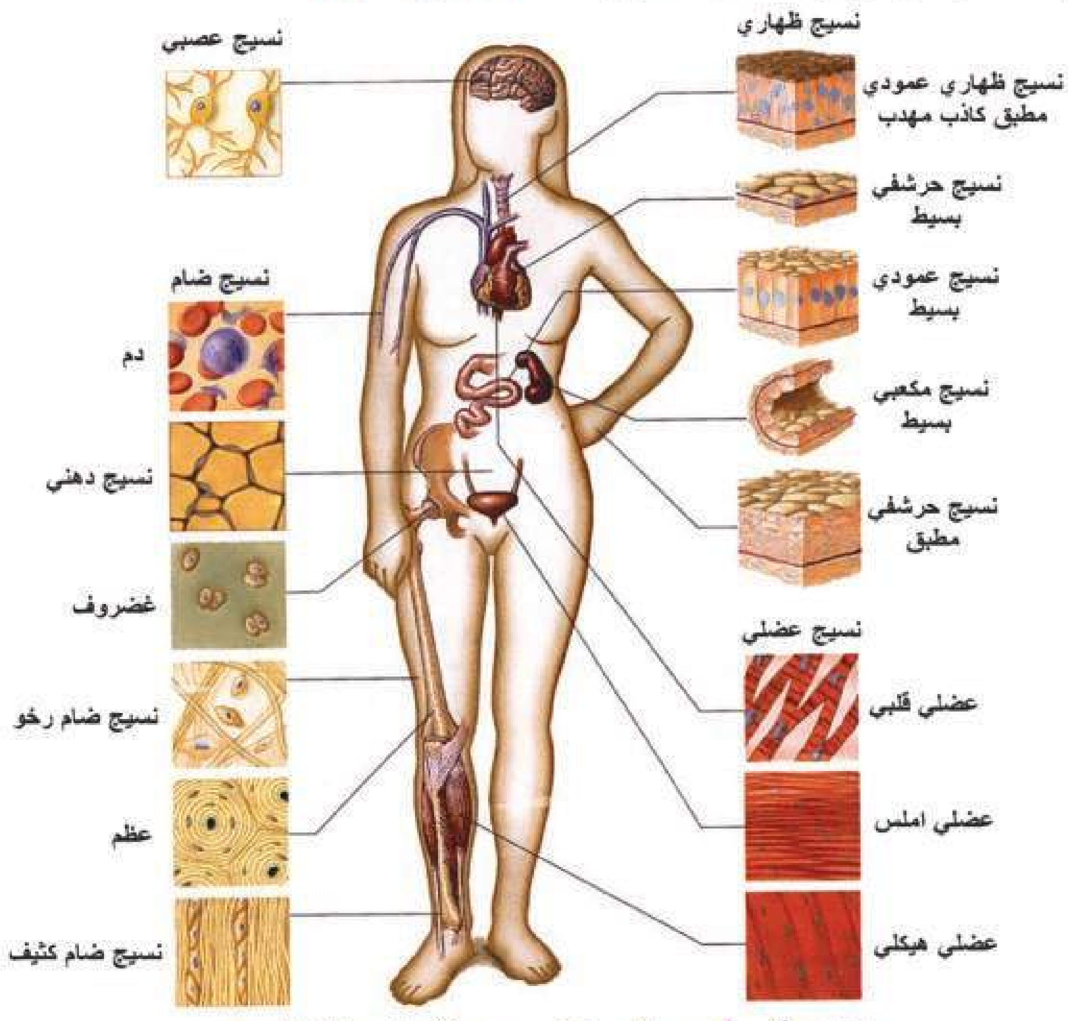
في هذا المستوى من التعضي تتجمع الخلايا المتماثلة في طبقات محددة لتصبح نسيجاً ، ويعتقد بعض العلماء ان الاسفنجيات تنتمي الى هذه المرتبة على الرغم من ان قناديل البحر واللاسعات يشار اليها عادة الى انها تمثل بداية تكوين النسيج .

(د) مستوى الانسجة المتعضية .

ويحصل فيه تجمع الانسجة لتكوين الاعضاء، وتعتبر هذه المرتبة خطوة متقدمة في التعضي ، وغالباً ماتتكون الاعضاء من اكثر من نوع من الانسجة لتؤدي وظيفة اكثر تخصصاً منها من النسيج الواحد .يبدأ هذا المستوى من التعضي في الديدان المسطحة ، حيث يوجد فيها عدد من الاعضاء المحددة مثل الخرطوم والاعضاء التناسلية حيث تنتظم الاخيرة في صورة جيدة مكونة اعضاء التكاثر .

(هـ) مستوى الجهاز العضوي .

في هذا المستوى تعمل الاعضاء معاً لتؤدي وظيفة معينة، تصل الى اعلى مستوى للتعضي ، وهو الجهاز العضوي وتؤدي الاجهزة وظائف الجسم الاساسية مثل الدورة الدموية والتنفس والهضم وغيرها. ويظهر مستوى التعضي **قمته** في الانسان والذي يقع في قمة الهرم التطوري للاحياء (شكل 4 - 1) .



شكل (4 - 1) . الاجهزة في جسم الانسان (للاطلاع) .

4-5. مفهوم التكوين الجنيني (Concept of Embryology) .

يعرف التكوين الجنيني **أو النماء بأنه :**

عملية تكوين الفرد من خلية واحدة تمثل البيضة المخصبة (**Zygote**) لحين اكتمال تكوينه ليصبح عديد الخلايا معقد التركيب شبيها بأبويه .

وعلم الاجنة (**Embryology**) هو العلم الذي يبحث في دراسة مراحل التكوين الجنيني (**Development**) يضمنها النمو (**Growth**) والتمايز (**Differentiation**) .

تتم خلال عملية التكوين الجنيني عملية الشكلي (**Morphogenesis**) وهي تكوين الشكل المظهري للجنين ، وتكون الخطوات الاساسية لهذه العملية متشابهة في اجنة جميع الفقريات . ولابد من الاشارة الى ان مجال اهتمام علم الاجنة لايقتصر على المرحلة الجنينية فقط والتي تمثل مرحلة قبل التحول الشكلي(**Premetamorphosis**) في البرمائيات ، ومرحلة قبل الفقس في الطيور ، ومرحلة قبل الولادة في الحيوانات الجنينية ، بل يستمر الى مراحل اخرى متعلقة بنمو الفرد طيلة مراحله العمرية ، فمثلاً بعد تكوين الاعضاء في جنين الضفدع وبعد الفقس فأن اليرقة (الدعموص **Tadpole**) لاتشبه الابوين فتدخل في مرحلة التحول الشكلي (**Metamorphosis**) التي تتضمن تغيرات وتحورات جسمية سريعة يتحول بعدها الدعموص المذنب آكل النبات في الماء الى ضفدع صغير آكل لحوم في اليابسة ، وتحدث عملية التحول الشكلي في الحشرات ايضاً . اما في اللبائن فأن الوليد يشبه الابوين ومع الولادة تبدأ اول خطوة من خطوات استمرار الوليد في النمو حيث تستبدل عظام محل غضاريف ويستمر نمو هذه العظام لفترة زمنية معينة ، كما تقوم بعض الاعضاء بوظائفها لفترة معينة من الزمن (كالمبايض والخصى في الانسان) .

4 - 5 - 1 . الآراء والنظريات عن التكوين الجنيني .

لقد شغل موضوع التكوين الجنيني للفرد اذهان العلماء والباحثين منذ امد ليس بالقريب ، وكان اهتمامهم ينصب حول الاجابة عن تساؤل مفاده : ماهي الآلية التي تتحكم في تكوين كائن جديد شبيه بالأبوين ؟ ولقد عجزوا عن تفسير الكثير من النقاط المهمة في تكوين وتشكيل الجنين "لان الخلق هو سراً من اسرار الوجود". وفيما يأتي ايجازاً للافكار والنظريات التي بحثت في التكوين الجنيني :

1. وضع الفيلسوف الاغريقي أبقراط في القرن الخامس قبل الميلاد الملاحظات الوصفية الاولى حول التكوين الجنيني للدجاج ، تبعه الفيلسوف اليوناني ارسطو (**Aristotle 350 B.C**) الذي يعد مؤسس علم الاجنة ، فقد وصف التكوين الجنيني للدجاج ودوّنه ، وذكر ان اجزاء الجنين تتشكل تباعاً من مواد البيضة وقد استند في وصفه هذا على العين المجردة وهو بذلك اسس علم الاجنة الوصفي (**Descriptive Embryology**) .

2. بعد اعتماد الطريقة العلمية في تحليل الظواهر الطبيعية والحياتية في القرنين السابع عشر والثامن عشر تطورت العلوم ومن ضمنها علم الاجنة، فبعد اكتشاف المجهر قدم العالم دي گراف (De Graaf) عام (1672 م) وصفاً للحوصلات المبيضية ووصف العالم ليفنهوك (**Leewaenhock**) النطفة عام (1677م) ، فتبلورت مفاهيم عديدة كان لها دور مهم في تقدم علم الاجنة .

3 نظرية قبل التشكيل (Preformation Theory) افترض بعض مؤيدي هذه النظرية وجود جنين مصغر داخل البيضة يدعى قزم جنيني (Homunculus) وان اجزاءه تكبر عند التنبيه بالسائل المنوي ، وقد تعزز موقف هؤلاء العلماء عندما اوضح العالم بونت (Bonnet) عام (1745م) قابلية بيوض بعض الحشرات مثل حشرة (المن) على النمو عذرياً من دون اخصاب بعملية التكوين العذري (Parthenogenesis) ، في حين افترض القسم الآخر من مؤيدي نظرية قبل التشكيل ان القزم الجنيني يوجد في رأس النطفة حيث زعموا انهم شاهدوا هذا القزم باستعمال مجهر ليفنهوك داخل رأس الحيوان المنوي (شكل 4 – 2) .

بعدها اوضح العالم سبالانزاني (Spallanzani) ان تكوين الفرد الجديد يتطلب وجود امشاج ذكرية وامشاج انثوية .



شكل (4–2) . وجود القزم الجنيني داخل الحيوان المنوي (للاطلاع) .

4 نظرية التكوين التراكمي (Epigenesis Theory) تفترض هذه النظرية ان الجنين يتكون من مادة حبيبية داخل البيضة تعاني تغيرات متحولة تدريجياً الى جنين وتنسب هذه النظرية الى العالم وولف (wolff) .

5 قانون فون بير (Von Baer Law) اشار العالم فون بير الى ان الصفات العامة الاساسية لاجنة الحبليات تظهر قبل الصفات الخاصة المميزة لأفراد تلك المجموعة مثلاً ظهور الحبل الظهري في اجنة الحبليات قبل ظهور الصفات التي تميز الانواع التي تنتمي الى الحبليات مثل ظهور الريش في الطيور .

يعد العالم فون بير من العلماء الذين قدموا لعلم الاجنة الشيء الكثير فهو كان يقارن بين التكوين الجنيني في الحيوانات المختلفة في دراسات ضمن مايطلق عليه اليوم علم الاجنة المقارن (Comparative Embryology) .

6 النظريات التجريبية (Experimental Theories) وهي النظريات التي تعتمد على اجراء التجربة في تفسير ظواهر التكوين الجنيني ويعتبر العالم روكس (Roux 1888) هو اول من قام بتجربة على بيضة الضفدع في مرحلة التفلج الاول وذلك بقتل احد الفلجتين الناتجتين بأبرة ساخنة جداً فلاحظ ان الخلية المقتولة اثرت على عملية التكوين الجنيني للخلية الاخرى لان الجنين المتكون كان ناقص التكوين (غير كامل) ، عندها دخل علم الاجنة مرحلة (علم الاجنة التجريبي) (Experimental Embryology) الذي مهد الى اكتشاف ظاهرة (التحريض الجنيني) (Embryonic Induction) في الثلاثينات من القرن الماضي والتي تعني قابلية نسيج معين الى التمايز بعد استلامه اشارات تحريضية تؤهله الى التمايز مثل التمايز الحاصل في خلايا الاديم الظاهر بعد استلامها الاشارة المحرضة من النسيج الواقع تحتها وتحولها الى صفيحة عصبية ينشأ منها الجهاز العصبي وقد اكتشفت هذه الظاهرة من قبل العالمان سبيمان (Spemann) وهيلدا مانكولد (Helda Mangold) اللذان اجريا تجارب عديدة على اجنة الضفادع وحصل سبيمان على جائزة نوبل عام (1935م) نتيجة لتجاربه هذه ، بعدها اخذ الباحثون يولون الكيمياء الحيوية والكيمياء الفيزيائية اهتماماً خاصاً في تجاربهم وعندها نقل علم الاجنة التجريبي الى مستوى الجزيئات فظهر علم الاجنة الجزيئي (Molecular Embryology) الذي يفسر ظواهر التكوين الجنيني استناداً الى دور الكيمياء الحيوية باستخدام اجهزة خاصة وكان للمجهر الالكتروني (Electron Microscope) اهمية خاصة في ذلك .

ولابد من الاشارة الى انه في الوقت الحالي يمكن قبول نظرية التكوين المسبق على اعتبار ان جميع المعلومات الخاصة بتشكيل الجنين محددة سلفا ومحمولة في الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين (DNA) ، وكذلك قبول نظرية التكوين التراكمي على اعتبار ان اعضاء الجنين المختلفة تتكون بطريقة تراكمية وبالتدريج .

4 - 5 - 2 . مفاهيم التكوين الجنيني الاساسية .

ان التكوين الجنيني لايتوقف عند نهاية كل مرحلة من مراحل التكوين بل **يستمر** في المرحلة التالية ، ولتوضيح **مفهوم** التكوين الجنيني فقد قسم كالآتي :

(1) تكوين الخلايا الجنسية (Sex Cells) والاخصاب (Fertilization) .

وتشمل هذه المرحلة :

آ نشاة المناسل (**Gonads**) وتكوين الخلايا الجنسية فيها حيث تتكون الانثوية (البيضة **Ovum**) والذكرية (الحيوان المنوي **Sperm**) .

ب انتاج الخلايا الجنسية عند **اكتمال النمو** الجنسي للفرد (النضج الجنسي) .

ج اتحاد البيضة بالحيوان المنوي بعملية الاخصاب وانتاج البيضة المخصبة (**Zygote**) .

ولايعتبر الاخصاب نهاية لعملية التكاثر الجنسي وانما هو بداية لسلسة من التغيرات المنظمة والمعقدة التي تنتج فرداً جديداً يعود للنوع نفسه .

(2) التفلج (Cleavage) .

هو سلسلة من الانقسامات الخيطية (الاعتيادية) المتكررة التي تبدأ من البيضة المخصبة حيث تنقسم الى خليتين (فلجتين) (**Blastomeres**) ثم اربع فلجات ثم الى ثمان فلجات وبتكرار الانقسامات تتحول البيضة المخصبة الى كرة من الخلايا تدعى الاريمة (**Blastula**) تكون جوفاء سمكها خلية واحدة في حيوان الرميح الذي هو من الحبليات الاولية ، او كرة نصف جوفاء سمكها عدة خلايا كما في البرمائيات (الضفدع) ، او تصبح مجموعة من الخلايا على شكل قرص جرثومي (**Blastodisc**) مستقر على احد اقطاب البيضة كما في الزواحف والطيور .

(3)التمعد (Gastrulation) وتكوين الطبقات الجرثومية (Germ Layers) .

وهي عملية تنظيم الخلايا نتيجة للحركات المكونة للشكل (**Morphogenetic Movements**) فيصبح الجنين في هذه المرحلة بشكل تركيب خلوي معقد يدعى (المعيدة) (**Gastrula**) يكون ثنائي الطبقات الجرثومية في اجنة اللافقريات والحبليات الاولية، حيث يتكون الجنين فيها من طبقتي الاديم الظاهر (**Ectoderm**) والاديم المتوسط الباطن (**Mesentoderm**) ، كما تكون المعيدة ثلاثية الطبقات في اجنة الحبليات الاخرى حيث تتكون اجنتها من طبقة الاديم الظاهر (**Ectoderm**) والاديم المتوسط (**Mesoderm**) والاديم الباطن (**Endoderm**) .

(4) التمايز (Differentiation) .

يتحدد مصير الخلايا في هذه المرحلة لتسلك اتجاهات معينة في عملية التكوين الجنيني فيحدث تمايزاً في شكل الخلايا يتناسب مع نوعية الوظيفة التي تؤديها الخلايا ، فالخلايا العصبية تختص بنقل السيالات العصبية لذا يحدث فيها تمايز نسيجي (Histological Differentiation) يتمثل بأمتلاكها آلية اداء الوظيفة من خلال المحور (Axon) والتشجرات (Dendrites) .

(5) التعضي (Organogenesis) .

وهي مرحلة نمو الجنين وانتظام خلاياه بشكل انسجة والانسجة على شكل اعضاء وذلك من خلال حدوث التمايز العضوي خلال فترة التكوين الجنيني حيث تتميز الطبقات الجرثومية الثلاث الى اربعة انواع رئيسية من الانسجة وهي الظهارية ، والضامة ، والعضلية ، والعصبية .

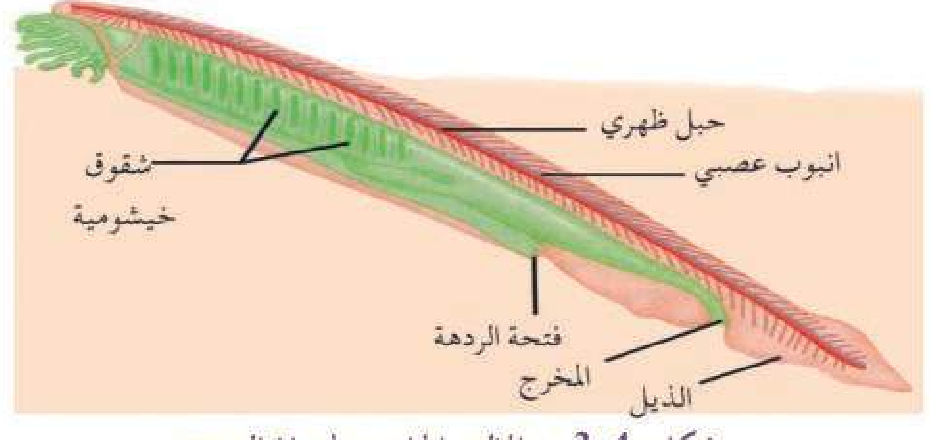
(6) مرحلة مابعد الفقس (Posthatching) .

وهي المرحلة التي يخرج فيها الجنين من البيضة كما في معظم الاسماك وجميع البرمائيات ومعظم الزواحف وجميع الطيور وبعض الثدييات الاولية ، او خروج الجنين بالولادة كما في بعض الاسماك وبعض الزواحف ومعظم الثدييات .

وبنهاية هذه المرحلة تبدأ عملية النضوج الجنسي للفرد (Sexual Maturity) التي تنتهي بحيوانات ناضجة جنسياً (ذكور واناث) يتزاوجون مرة اخرى وهكذا .

4-6. التكوين الجنيني في الرميح (Embryonic Development in Amphioxus) .

دُرس التكوين الجنيني للرميح لغرض التعرف على عمليات التكوين الجنيني بصورة واضحة لانها تمثل ابسط صورة . واعتبار هذه العمليات اساساً للتكوين الجنيني في الحيوانات الاكثر تطوراً من الرميح الذي ينتمي الى الحبليات الاولية ، وعليه فأن دراسة تكوينه الجنيني يمثل حلقة وصل بين مراحل التكوين الجنيني للحيوانات اللافقرية والفقريات . يكون الجنسان منفصلين في حيوان الرميح وتقع المناسل (خصى او مبايض) على جانبي السطح البطني للجسم ولاتوجد لهذه المناسل قنوات حيث تخرج الامشاج عند النضج الجنسي الى تجويف الردهة (Atrium) ومنه تخرج الى خارج الجسم عن طريق فتحة الردهة (Atriopore) (شكل 4-3) الى الوسط المائي حيث يتم اخصاب البيوض بالحيوانات المنوية (النطف) خارجياً .



شكل (4-3) . المظهر الخارجي لحيوان الرميح .

(1) الامشاج (Gametes) .

يتكون الحيوان المنوي (النطفة) من ثلاثة اجزاء رئيسية وهي الرأس (Head) الذي يكون كروي الشكل ثم القطعة الوسطية (Middle piece) التي تكون قصيرة والذيل (Tail) الذي يكون طويل . اما بيضة الرميح فتكون صغيرة الحجم نسبياً ويبلغ قطرها حوالي 0.1 ملم وهي قليلة المح (Microlecithal) وتتوزع حبيبات المح بصورة غير متجانسة نوعاً ما في السايتوبلازم حيث تكون الحبيبات المحية اقل تركيزاً من جهة القطب الحيواني (Animal Pole) واكثر تركيزاً من جهة القطب الخضري (Vegetal Pole) المقابل له، كما وتتميز منطقة القطب الحيواني بوجود النواة وتحاط البيضة بغشاء محي (Vitelline Membrane) .

(2) الاخصاب (Fertilization) .

يتم الاخصاب في الرميح خارجياً حيث يخترق الحيوان المنوي البيضة وتتم عملية الاخصاب باتحاد النواة الذكرية مع النواة الانثوية لتكوين البيضة المخصبة وتحدث تكيفاً على سطح البيضة المخصبة تمنع دخول حيوانات منوية اخرى الى داخل البيضة.

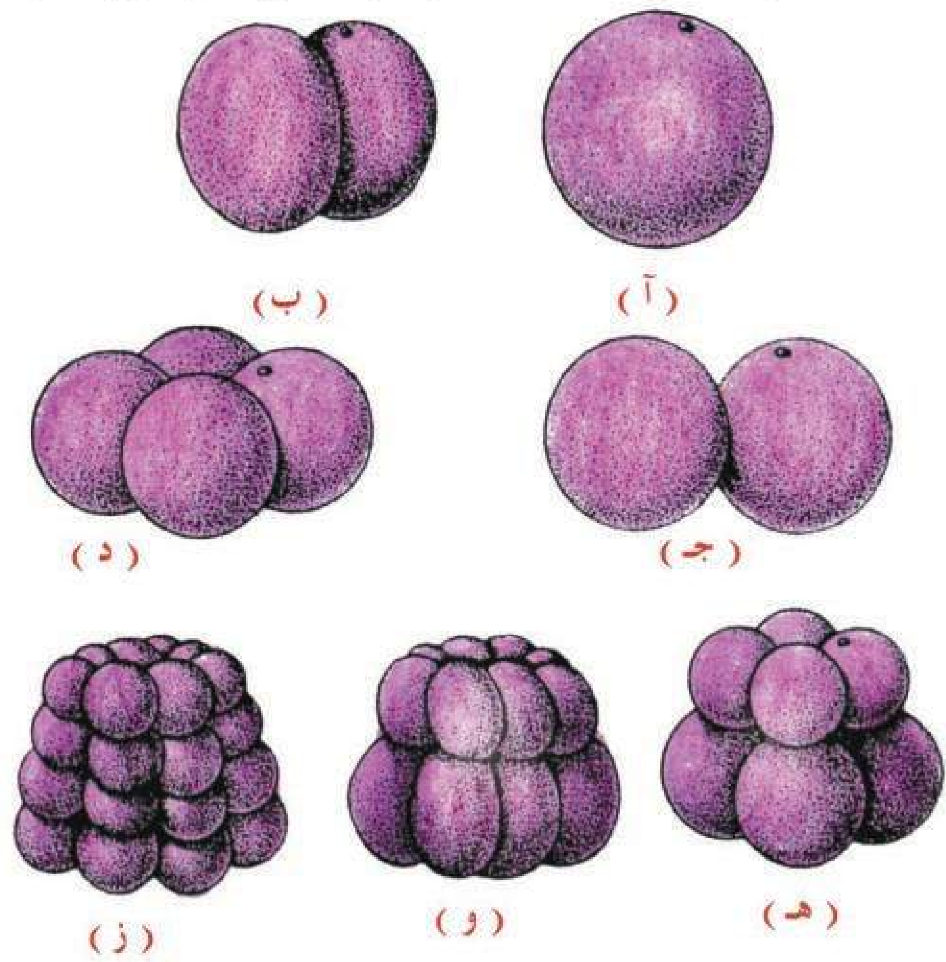
(3) التفلج (Cleavage) .

بعد مرور حوالي ساعة من عملية الاخصاب يبدأ التفلج الاول بظهور اخدود التفلج من القطب الحيواني وينزل تدريجياً نحو القطب الخضري ويكون مستواه طولي وفي نفس الوقت تنقسم نواة البيضة المخصبة الى نواتين تتجه كل واحدة منها الى احد الجهتين بعدها تنقسم البيضة المخصبة الى فلجتين (خليتين) ، يلي ذلك التفلج الثاني الذي يكون مستواه طولي ايضاً لكنه عمودي على مستوى التفلج الاول وتكون نتيجته اربع فلجات متساوية بالحجم ، يليه التفلج الثالث الذي يكون مستواه عرضي حيث يكون عمودياً على مستوى التفلجين السابقين .

كما انه يرتفع قليلاً عن خط استواء الفلجات بأتجاه القطب الحيواني وذلك لوجود المح من جهة القطب الخضري بتركيز اعلى ، ونتيجة هذا التفلج ثمان فلجات الاربعة العليا تدعى الفلجات الصغيرة (**Micromeres**) تكون اصغر حجماً من الفلجات الاربعة السفلى التي تدعى الفلجات الكبيرة (**Macromeres**) .

يلي ذلك تفلجاً رابعاً يقسم الفلجات الثمانية بمستويين طويلين مكوناً ست عشرة فلجة ، في حين يتم التفلج الخامس بمستويين عرضيين ونتيجته اثنتان وثلاثون فلجة (شكل 4 - 4) .

يلي ذلك تفلجات بشكل مستقل لكل فلجة مع بقاء حجم فلجات القطب الحيواني اصغر من فلجات القطب الخضري ونتيجة لذلك تتكون كتلة من الفلجات تشبه ثمرة التوت تدعى بالدور التوتي او التويتة .

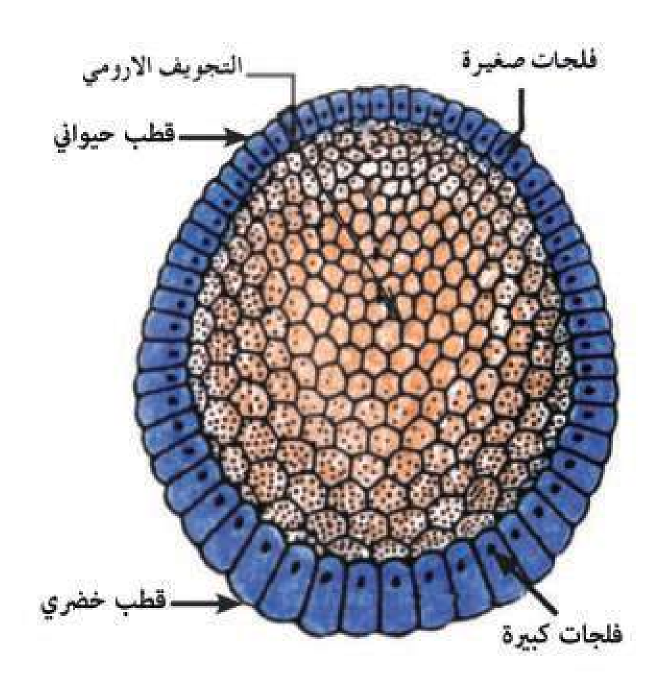


شكل (4 - 4) . يوضح مراحل التفلج في جنين الرميح (للاطلاع) .

(آ) بيضة مخصبة ،(ب) التفلج الاول . (جـ) انتهاء التفلج الاول وتكوين فلجتين . (د) التفلج الثاني وينتج عنه تكوين اربع فلجات . (هـ) التفلج الثالث وينتج عنه تكوين ثمان . (و) التفلج الرابع وينتج عنه ستة عشر فلجة . (ز) التفلج الخامس وينتج عنه اثنان وثلاثون فلجة .

(4) تكوين الاريمة (Blastulation) .

تستمر الانقسامات بعد تكوين التويتة مؤدية الى تكوين تركيب كروي الشكل يدعى الاريمة (Blastula) ، التي تكون ذات طبقة واحدة من الخلايا تحيط بتجويف كبير يدعى الجوف الارومي (Blastocoel) الذي يبدأ بالظهور من مرحلة ثمان خلايا كتجويف صغير جداً يتوسع تدريجياً بتقدم عمليات الانقسام ، وتمتاز الاريمة ايضاً بأن حجم الخلايا في القطب الحيواني لازال اصغر من خلايا القطب الخضري (شكل 4-5) .



شكل (4-5) . يوضح اريمة جنين الرميح

(5) تكوين المعيدة (Gastrulation) .

يمثل تكوين المعيدة طوراً آخر من اطوار التكوين الجنيني في الرميح ويتم خلالها حدوث حركات خلوية تدعى بالحركات المكونة للشكل (Morphogenetic Movements) التي على اثرها تتحول الاريمة من جنين احادي الطبقة الى جنين ثنائي الطبقة في الرميح (جنين ثلاثي الطبقة في الفقريات الأخرى) يدعى المعيدة (Gastrula) التي تعتبر مرحلة تمايزية اولى (First Differentiation Phase) حيث تتحدد فيها ثلاثة انواع من الخلايا المتمايزة عن بعضها البعض وهي :

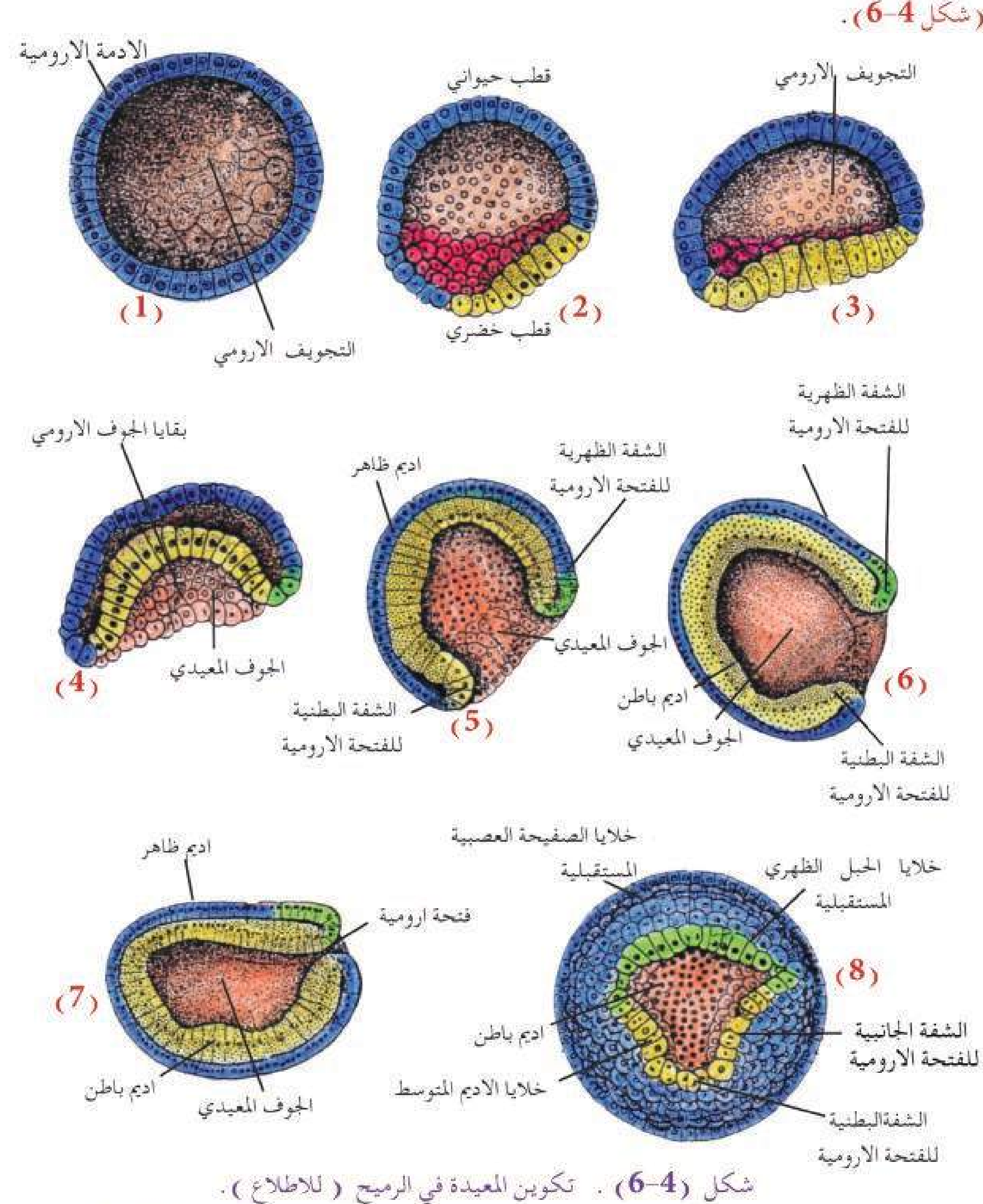
أ- خلايا تشكل طبقة الاديم الظاهر (Ectoderm) التي تكون خارجية الموقع .

ب- خلايا تشكل طبقة الاديم الباطن (Endoderm) التي تكون داخلية الموقع .

جـ- خلايا تشكل طبقة الاديم المتوسط (Mesoderm) التي تكون وسطية الموقع (بين الطبقتين الاولى والثانية) .

تدعى هذه الطبقات الثلاث الطبقات الجرثومية (Germ Layers) وهي اساس تكوين جميع اعضاء الجسم في اجنة الفقريات وتعتمد آلية تكوين المعيدة على نوع الحيوان فهي في حيوان الرميح تكون اقل تعقيداً من الفقريات الاخرى .

يبدأ تكوين المعيدة في الرميح عند تسطح خلايا القطب الخضري للاريمة ثم انغمادها الى الداخل بعملية الانغماد (**Invagination**) وتدعى ايضاً (الانبعاج الى الداخل) وباستمرار انغماد خلايا القطب الخضري نحو جهة القطب الحيواني فأن حجم التجويف الارومي (**Blastocoel**) ينقص تدريجياً ويختفي عند تماس خلايا القطب الخضري مع خلايا القطب الحيواني ويحل محله تجويف جديد يدعى الجوف المعيدي (**Gastrocoel**) او المعي البدائي (**Archenteron**) الذي يفتح الى الخارج عن طريق فتحة تدعى الفتحة الارومية (**Blastopore**) (شكل **4-6**).



شكل (**4-6**) . تكوين المعيدة في الرميح (للاطلاع) .

بعدها يصبح الجنين كوبي الشكل مؤلف من طبقتين، خارجية تدعى الاديم الظاهر (Ectoderm) ، وداخلية تدعى الاديم المتوسط الباطن (Mesentoderm) ، وتحاط الفتحة الارومية بشفاه (Lips) وهي الشفة الظهرية (العليا) التي تدعى خلاياها بخلايا الحبل الظهري (Notochordal Cells) التي تكون الحبل الظهري (Notochord) فيما بعد (مستقبلاً) ، ثم الشفة البطنية (السفلى) والشفتان الجانبيتان .

تكون الفتحة الارومية في بداية تكوين المعيدة واسعة وتصغر تدريجياً وفي نهاية تكوين المعيدة تتحول الى ثقب صغير وذلك لصغر سمك الشفاه المحيطة بها نتيجة لاندفاع خلايا هذه الشفاه الى داخل المعيدة والمساهمة بتكوين الطبقة الداخلية من المعيدة والتي تشمل خلايا الاديم الباطن وخلايا الاديم المتوسط وخلايا الحبل الظهري اما الخلايا المتبقية في سطح الجنين فأنها تمثل خلايا طبقة الاديم الظاهر ، عندها تتشكل الطبقات الجرثومية وتستطيل المعيدة في الرميح (شكل 4-6) .

ثم تدور المعيدة في الرميح حول محورها فيتحدد المحور الامامي الخلفي (Anterioposterior Axis) للجنين حيث تمثل جهة الفتحة الارومية النهاية الخلفية للجنين ، وتمثل الجهة المقابلة لها النهاية الامامية للجنين

(6) تكوين الاعضاء في الرميح (Organs Development in Amphioxus) .

تنشأ الاعضاء الرئيسة في الرميح من الطبقات الجرثومية بعد اكتمال تكوينها ، وفي بداية نشؤها تكون على شكل بداءات الاعضاء . وقبل الدخول في تفاصيل تكوين الاعضاء لابد من التعرف على مشتقات الطبقات الجرثومية في جنين الرميح والتي تتوضح في المخطط التالي :



هناك اربعة مكونات رئيسية في جسم الرميح وهي :

أ الجهاز العصبي (Nervous System) .

ب الحبل الظهري (Notochord) .

جـ الاديم المتوسط (Mesoderm) .

د المعي او القناة الهضمية (Gut Enteron) .

(أ) تكوين الجهاز العصبي (Development of Nervous System) .

بعد استطالة المعيدة يحدث تسطح في خلايا المنطقة الظهرية لطبقة الاديم الظاهر بالقرب من الثقب الارومي ويمتد التسطح على طول المنطقة الظهرية ويصبح بشكل شريط يدعى الصفيحة العصبية (Neural Plate) ينخفض هذا الشريط قليلاً عن مستوى الاديم الظاهر ونتيجة لذلك ترتفع حافتا الاديم الظاهر على جانبي الصفيحة العصبية وتلتحمان فوقها وعندها يصبح الجنين محاطاً بالاديم الظاهر البشروي الذي يكوّن البشرة في المراحل المتقدمة من تكوين جنين الرميح.

وفي نفس الوقت ينخفض الجزء الوسطي للصفيحة العصبية مكوناً الاخدود العصبي (Neural Groove) وتدعى حافاته على جانبي الاخدود بالطيتين العصبيتين (Neural Folds) وتتجه كل طية نحو الاخرى الى ان تلتقيا وتلتحما ويتكون بذلك الانبوب العصبي (Neural Tube) الذي يحيط بالقناة العصبية (Neural Canal) او الجوف العصبي (Neurocoele) (شكل 4-7) . تدعى عملية تكوين الانبوب العصبي بالتعصبن (Neurulation) ويدعى الجنين خلالها بالعصيبة (Neurula) . بعد تكون الانبوب العصبي يتمايز جزؤه الامامي الى الحويصلة الدماغية (Brain Vesicle) يليها الحبل الشوكي (Spinal Cord) اللذان يمثلان الجهاز العصبي المركزي في الرميح .

(ب) تكوين الحبل الظهري (Development of Notochord) .

يمثل الحبل الظهري الهيكل الداخلي للرميح ويمتد من مقدمة رأس الرميح الى النهاية الخلفية للجسم وعلى طول الجهة الظهرية ، ويقع اسفل الانبوب العصبي .

ينشأ الحبل الظهري من الجزء الوسطي من الاديم المتوسط الباطن (الطبقة الداخلية من المعيدة) تشكل هذه الخلايا اخدوداً يدعى اخدود الحبل الظهري (Notochordal Groove) الذي ينغلق تدريجياً بأقتراب جانبيه ببعضهما مكوناً قضيب الحبل الظهري (Notochordal Rod) هو تركيب صلد غير مجوف ينفصل عن طبقة الاديم المتوسط الباطن ويتحول الى الحبل الظهري (Notochord) الذي يكون اسطواني الشكل ويساهم في استطالة الجنين من خلال الزيادة في طوله (شكل 4-7) .

(ج) تكوين الاديم المتوسط (Development of Mesoderm) .

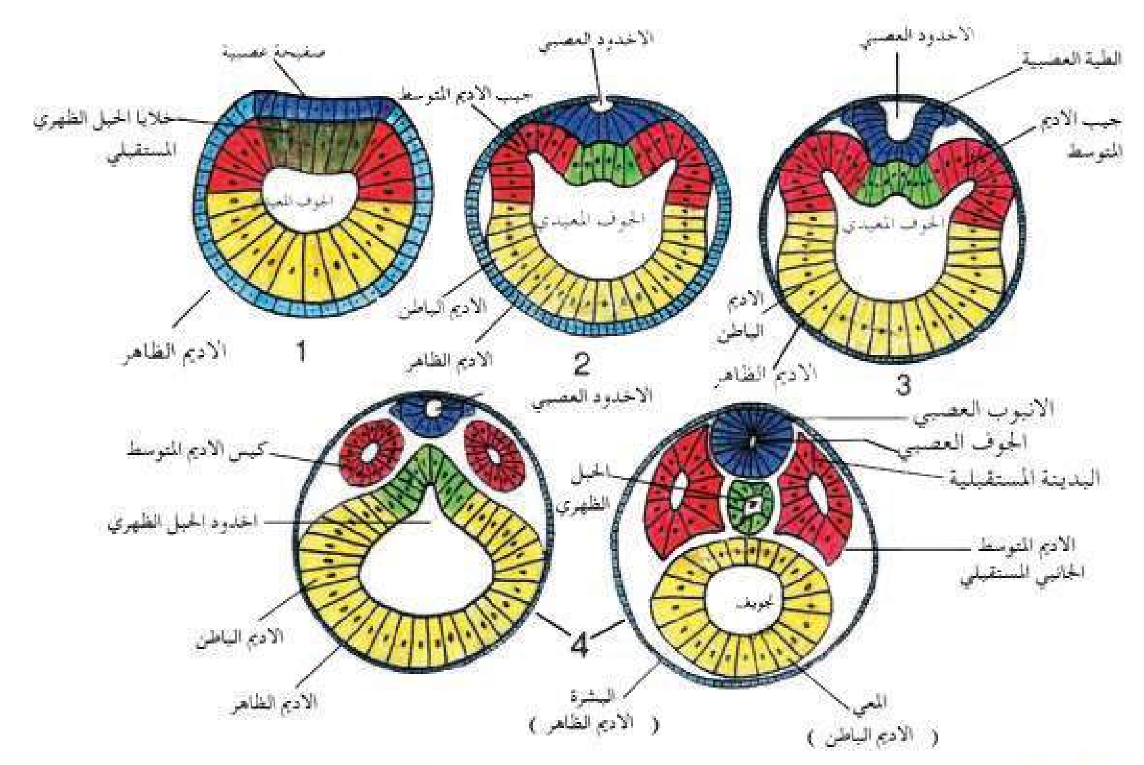
خلال تكوين الانبوب العصبي ينشأ الاديم المتوسط من الجهة الجانبية الظهرية لطبقة الاديم المتوسط الباطن بشكل انبعاجين او اخدودين يمتدان نحو الخارج ويكون تجويفهما متصلاً مع تجويف المعي البدائي ، ثم ينشأ على طول كل اخدود حواجز مستعرضة تقسمه الى وحدات اصغر تكون بشكل سلسلة من جيوب المعي الاولي (Archenteric Pouches) ، ثم تنفصل هذه الجيوب عن تجويف المعي البدائي عندها تدعى اكياس الاديم المتوسط (Mesodermic Sacs) .

تنموهذه الاكياس على جانبي منطقة الحبل الظهري ويظهر فيها تجويف ثم يتمايز كل كيس الى :

1. الجزء العلوي (الظهري) من الكيس يمثل البدينة (Somite) وهذه تتمايز مستقبلاً الى ثلاث قطع (القطعة الادمية التي تكون نسيج ضام تحت البشرة (نسيج الادمة) ،والقطعة العضلية التي تكون منها عضلات الجسم الهيكلية ، والقطعة الصلبة التي تكون الغلاف المحيط بالحبل الظهري .
2. الجزء السفلي من كيس الاديم المتوسط ويدعى الاديم المتوسط الجانبي (Lateral Mesoderm) الذي يتمايز الى طبقتين (طبقة تقع تحت الاديم الظاهر تدعى الاديم المتوسط الجداري (Parietal Mesoderm) ، وطبقة تكون مجاورة لطبقة الاديم الباطن وتدعى الاديم المتوسط الحشوي (Splanchnic Mesoderm) ويظهر بين الطبقتين تجويف ، ثم يلتقي الجزء السفلي من كيس الاديم المتوسط الايمن مع مثيله الايسر عند الخط الوسطي البطني للجنين وعندها يلتقي تجويفيهما ايضاً فيتكون جوف واحد لجسم الجنين وهو الجوف العام (Coelom) (شكل 4-7) .

(د) تكوين المعي (Enteron Development) .

بعد انفصال الحبل الظهري والاديم المتوسط من طبقة الاديم المتوسط الباطن فأن الجزء المتبقي من هذه الطبقة يمثل طبقة الاديم الباطن (Endoderm) التي تنموحافاتها من الجانبين باتجاه الخط الوسطي الظهري ثم يلتقيان عند (الخط الوسطي) ، وعندها يتكون المعي (الامعاء ومشتقاتها) في الرميح (شكل 4-7) وبتقدم التكوين الجنيني تتكون فتحتي الفم والمخرج .



شكل (4-7) . مقاطع مستعرضة في جنين الرميح توضح تكوين الانبوب العصبي والحبل الظهري والاديم المتوسط والمعي (للاطلاع) .

4-7. التشوهات الخلقية في الانسان .

قد يتعرض جنين الانسان الى تشوهات خلقية (Congenital Malformation) تمثل العيوب التركيبية الناتجة من تكوين غير طبيعي لاعضاء او اجهزة الجنين الجسمية وعلم دراسة التشوهات الخلقية (Teratology) يهتم بذلك .

هناك عدة عوامل تؤدي الى حدوث تشوهات جنينية يمكن حصرها بمجموعتين رئيسيتين وهما :

1 العوامل الوراثية بضمنها شواذ الكروموسومات الجسمية ومنها التشوه المسبب لمتلازمة داون (Down Syndrome) الذي يظهر تشوه في ملامح الوجه وحدوث تخلف عقلي وتشوهات في القلب .

2 العوامل البيئية او الخارجية وتتضمن عوامل عديدة اهمها تأثير الاشعاع الذي يسبب تشوهات عديدة ابرزها تشوهات الجهاز العصبي ، وان التعرض المباشر للاشعاع يسبب حدوث تشوهات خلقية في الاجيال اللاحقة ، علاوة على ان التعرض للاشعاع يؤثر على الانجاب مسبباً العقم الجزئي او الكلي معتمداً في ذلك على جرعة الاشعاع وزمن التعرض للاشعاع وعمر الشخص .

تعد العقاقير احد اهم العوامل المسببة في احداث تشوهات جنينية عديدة اهمها تشوهات الجهاز العصبي والجهاز الهيكلي وانشقاق الشفة (الحنك المشقوق) وغيرها (شكل 4 - 8) .

لذا لايجوز تناول الام الحامل الدواء دون استشارة طبية . وتعتبر فترة الاسابيع الاولى من الحمل فترة حرجة في التكوين الجنيني للانسان فهو يصاب بالتشوهات في حال تعرضه الى مايسبب ذلك حيث يكون الجنين مرتبطاً بالام وهو في داخل الرحم بواسطة السخد (المشيمة) (Placenta) التي تعمل على ايصال الغذاء والاوكسجين والمواد الاخرى من الام الى الجنين اي ان ماتتناوله الام او مايصيبها من التهابات او امراض قد يصل الى الجنين عن هذا الطريق ، مما قد يسبب الاذى اذا لم يتم انتباه الام لذلك وعليه يجب على الام الوقاية من بعض الامور حتى لاتؤثر في الجنين منها :

1. الابتعاد عن التدخين لانه يؤثر في وزن الطفل فهو يؤدي الى انخفاض نسبة الاوكسجين وارتفاع نسبة اول اوكسيد الكاربون في دم الام ودم الجنين والمشيمة مما يولد بيئة غير صحية للجنين علاوة على ان التدخين يزيد من حدوث الاجهاض والولادة المبكرة او موت الجنين ، ويمتد تأثير التدخين الى مابعد ولادة الجنين مسبباً التهابات المجاري التنفسية والربو وغيرها في الاطفال .
2. التقليل من اخذ الكافايين الموجود في القهوة لان كثرته تسبب الاذى للجنين .
3. تجنب اخذ الادوية الشعبية والاعشاب وماشابه ذلك دون استشارة المختصين .
4. الكحول يؤثر في الجنين وقد يسبب له الخلل العصبي والتشوهات الجسمية خصوصاً في الوجه اضافة الى حدوث اضطرابات في السلوك ، ويسبب الكحول متلازمة الكحول الجنيني (Fetal Alcohol Syndrome) التي تظهر في المجتمعات الاوربية .
5. تجنب اصابة الام بمرض داء القطط (المقوسات Toxoplasmosis) لانه يسبب تشوهات خطرة على الجنين ، وذلك من خلال طهي اللحم جيداً وعدم التعرض الى براز القطط .
6. على الحامل تناول حبوب حامض الفوليك (Folic Acid) خلال فترة الحمل لانه يقلل من تشوهات الانبوب العصبي وعليها علاج كافة الامراض كالسكري وارتفاع ضغط الدم والصرع تحت اشراف طبي دقيق .

اصبح بالامكان تشخيص التشوهات الجنينية للجنين قبل ولادته باستخدام الفحص بالموجات فوق الصوتية (Ultra sound Scan) وفحص دم الام للتحري عن مستويات بروتينية معينة لها علاقة باحداث تشوهات ، وكذلك فحص الخلايا الجنينية للتأكد من الكروموسومات بأخذ عينة من سائل السلي المحيط بالجنين او من المشيمة .

ان للتشخيص اهمية في بعض حالات التشوهات منها علاج الجنين في حالة عدم اكتمال نضوج الرئة ومساعدتها على القيام بوظيفة التنفس حيث تعطى الام عقار خاص قبل فترة محددة من الولادة وفي



بعض المراكز الطبية المتقدمة ممكن اجراء تداخل جراحي للجنين وهو في الرحم لمعالجة بعض التشوهات الجنينية وهذه الطريقة تحتاج الى دراسة بشكل دقيق قبل اجراء التداخلات الجراحية لانها تشكل خطورة على سلامة الجنين .

شكل (4 – 8) . انشقاق الشفة في الأنسان (للاطلاع) .

4-8. تعدد المواليد وتكوين التوائم (Multiple Births and Twins Formation) .

تمتلك بعض الثديات الحقيقية (المشيمية) تكيفات تركيبية تؤهلها للحمل بأكثر من جنين في كل حمل ويطلق على هذه الظاهرة بتعدد الاجنة او تعدد المواليد ، حيث تنطلق من المبيض عدة بيوض ، وبعد اخصابها تنغرس في جدار الرحم بمسافات منتظمة .

اما في الانسان فأن الانثى تحمل بجنين واحد عادة في كل مرة حمل ، واذا حملت الانثى بأكثر من جنين فأن هذه الظاهرة تدعى بالتوائم (**Twins**) (شكل 4-9) .



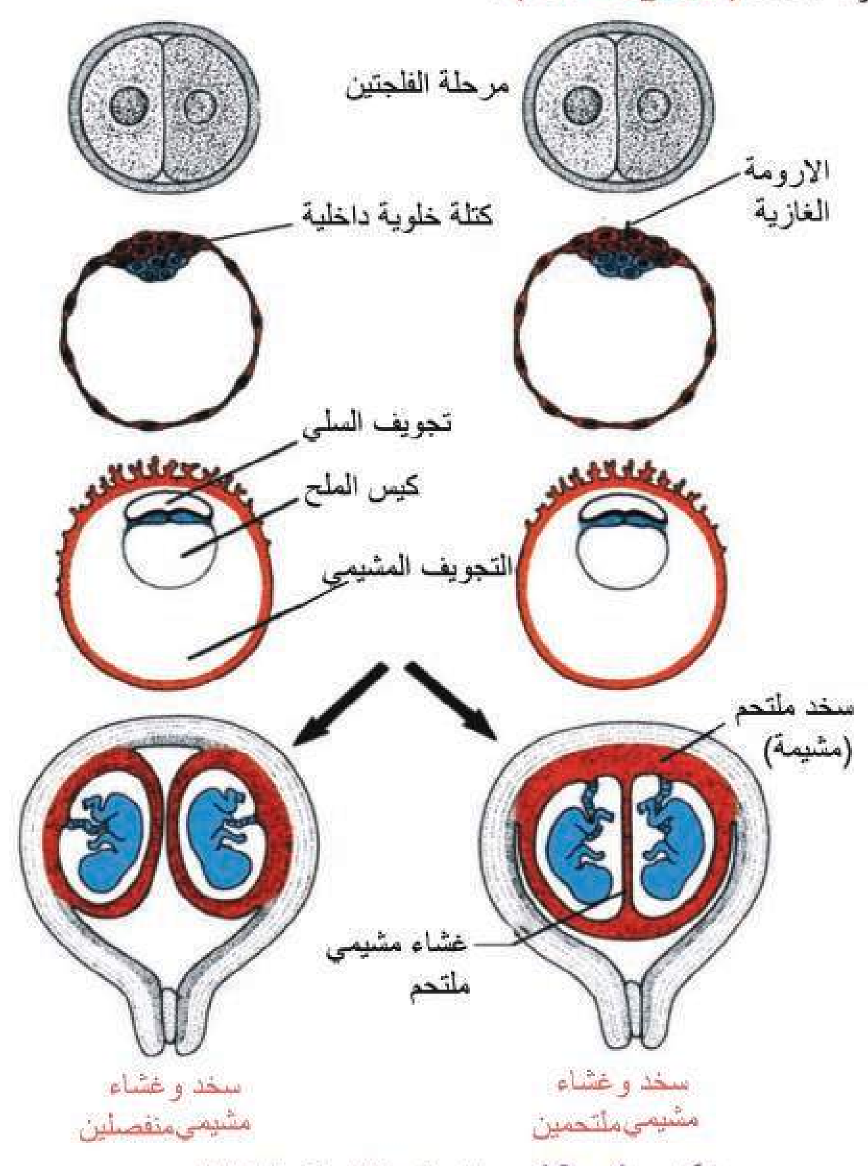
شكل (4 – 9) . التوائم (للاطلاع) .



انواع التوائم (Types of Twins) .

1. التوائم الاخوية (Franternal Twins) .

تتكون التوائم في هذا النوع من بيضتين منفصلتين تنطلقان من المبيض في نفس الوقت وتخصب كل واحدة بحيوان منوي . لاتظهر التوائم الاخوية تشابه وقد تكون اجناسها متشابهة (جميعها ذكور او جميعها اناث) ، او تكون مختلفة (الشكل 4 - 10) .

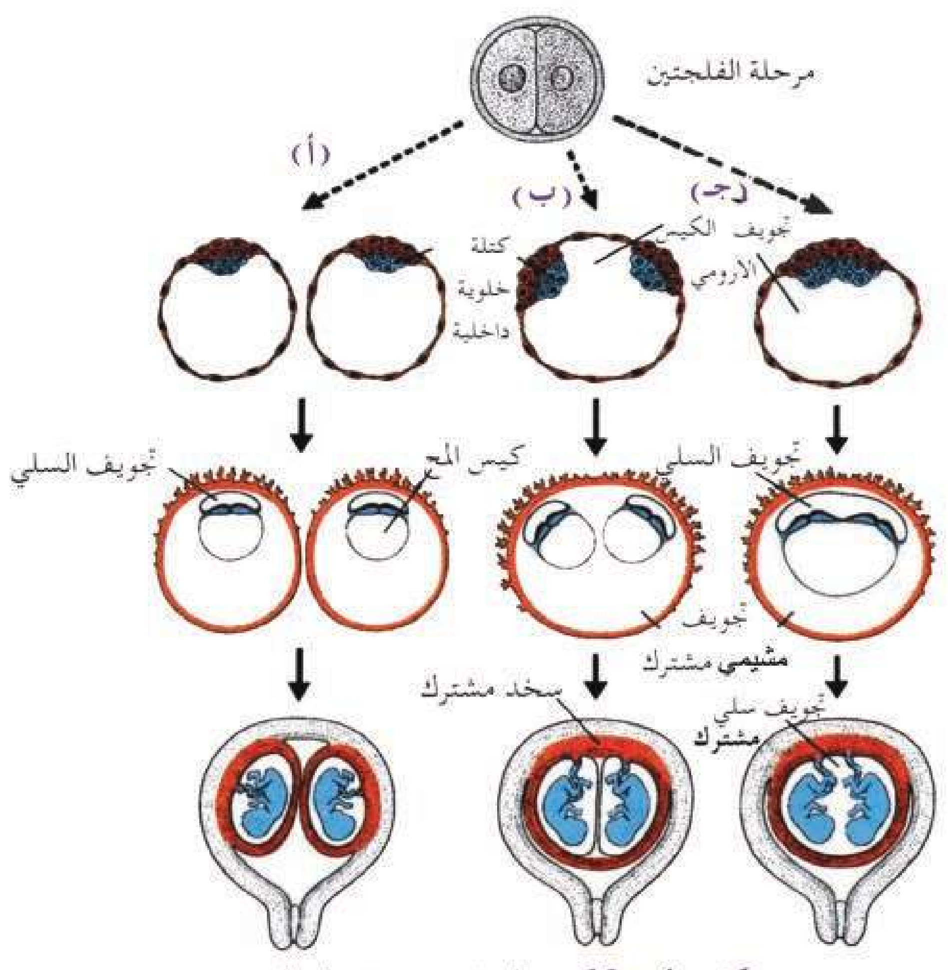


شكل (4 - 10) . التوائم الاخوية (للاطلاع) .

2. التوائم المتماثلة (المتطابقة) (Identical Twins) .

تتكون التوائم المتطابقة (المتماثلة) من بيضة مخصبة واحدة بحيوان منوي واحد، وتنقسم هذه البيضة المخصبة الى خليتين وتواصل كل خلية نموها وتكوين جنين كامل (الشكل 4 - 11) . تتشابه التوائم المتطابقة بدرجة كبيرة في الشكل والجنس (تكون اما ذكور او اناث) .

وقد يكون انفصال البيضة المخصبة غير تام فيؤدي الى حالة توائم ملتحمة من منطقة القحف او الصدر او العجز وتدعى مثل هذه التوائم بالتوائم السيامية (**Siamese Twins**) ، وقد تكون التوائم الملتحمة غير متساوية فيكون احد التوائم صغير ويكون متطفلاً على الآخر وتدعى التوائم في هذه الحالة بالتوائم الطفيلية (**Parasitic Twins**) .



شكل (4 – 11) . التوائم المتماثلة(للاطلاع) .

(أ) يحدث الانفصال في خليتين عندما يمتلك الجنين **مشيمتين** وتجويفين للسلي و**المشيمي** (ب) يكون الانفصال للكتلة الخلوية الداخلية مبكراً فيتكون جنينين يمتلكان **مشيمة** مشتركة وتجويف **مشيمي** مشترك ولكلٍ منهما تجويف سلي منفصل (جـ) يكون الانفصال للكتلة الخلوية الداخلية متأخراً وعندها يمتلك الجنينان **مشيمة** وتجويف **مشيمي** وتجويف سلي مشترك .

3. التوائم المتعددة (**Multiple Twins**) .

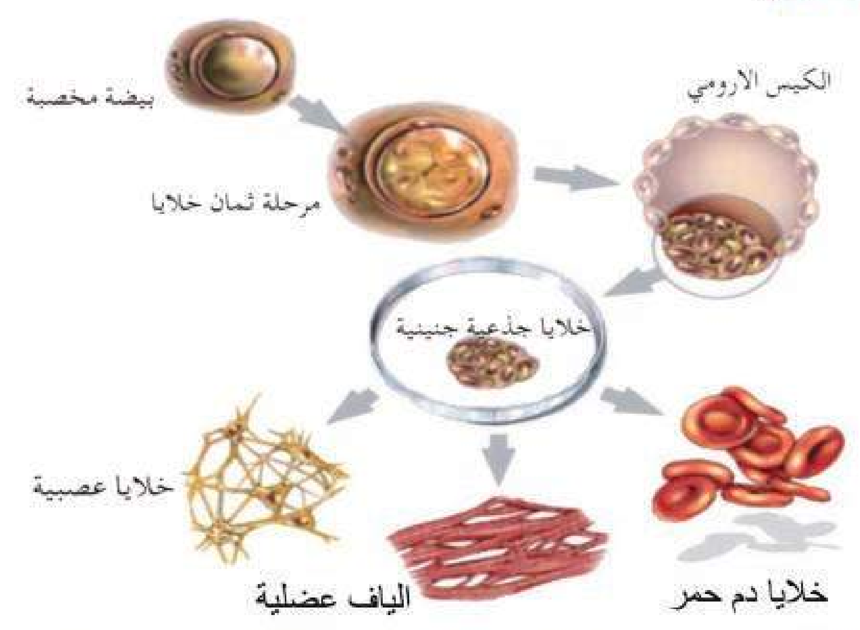
تمثل التوائم المتعددة ظاهرة نادرة الحدوث في الانسان فقد تلد بعض النساء ثلاثة او اربعة صغار، حيث ان كل بيضة مخصبة تكون جنيناً كاملاً ، وتحدث هذه الحالة عادة عند النساء اللاتي يخضعن لمعالجة طبية بالهورمونات لتنشيط المبيض او اللواتي يخضعن لبرنامج طفل الانابيب .

4-9. المباعدة بين الولادات .

تحتاج الام الى مالايقل عن سنتين بين كل عملية حمل وولادة واخرى ، بغية اعطاء فرصة للجسم لكي يتعافى من آثار الحمل والولادة واستجماع القوة والطاقة قبل الحمل مرة اخرى. والمباعدة بين الولادات تمنح الطفل فرصة رعاية جسمية وعقلية كاملة، فضلاً عن كونها تمنح الفرصة للام في المحافظة على صحتها . ولقد وجد ان الاطفال الذين يولدون بفاصل زمني يقل عن سنتين بين الواحد والآخر لايحققون في الغالب التطور الجسمي والعقلي ، بل ان ذلك قد يتسبب في ولادة اطفال غير مكتملين وتقل اوزانهم عند الولادة عن (2.5 كيلوغرام)، وربما يكونون حاملين عيوب خلقية ، وتشير الدراسات الى ان ثلث وفيات الاطفال في العالم ناتجة من الحمل المتتابع .

4-10. الخلايا الجذعية .

منذ اكتشاف الخلايا الجذعية (Stem Cells) والعلماء في سعي دؤوب للاستفادة منها في علاج العديد من الامراض المزمنة والمستعصية ، والخلايا الجذعية هي خلايا غير متخصصة تمتلك القدرة على الانقسام والتجدد وانتاج خلايا متخصصة جديدة تستطيع اصلاح وتعويض خلايا الجسم التالفة يتم الحصول على الخلايا الجذعية من عدة مصادر اهمها : المراحل المبكرة من التكوين الجنيني ودم الحبل السري والمشيمة، ونخاع العظم (شكل 4-12) .



شكل (4-12). يوضح قدرات الخلايا الجذعية على انتاج خلايا متخصصة (للاطلاع) .

انواع الخلايا الجذعية :

1. الخلايا الجذعية الجنينية (Embryonic Stem Cells) .

هي نوع اساسي من انواع الخلايا الجذعية فهي تمتلك قابلية انقسامية غير محدودة ، وتكون ذات قدرة عالية على التخصص لأنواع من الخلايا فهي تستطيع اصلاح واستبدال الخلايا التالفة عند زراعتها في العضو المصاب ، ويمكن الحصول عليها من المراحل الجنينية المبكرة بعد الاخصاب ، وهي تعد مصدراً مهماً للعديد من الانجازات الطبية بسبب صفاتها تلك .

2. الخلايا الجذعية البالغة (Adult Stem Cells) .

توجد هذه الخلايا مع الخلايا المتخصصة في الجسم وتتضمن وظيفتها استبدال وتعويض الخلايا المتضررة او الميتة في الجسم لكنها تختلف عن الخلايا الجذعية الجنينية بما يلي :

أ وجودها بكمية قليلة مما يؤدي الى صعوبة عزلها .

ب يقل عددها مع تقدم العمر .

جـ قد تكون غير **سليمة**.

د ليس لها نفس قدرة الخلايا الجذعية الجنينية (في الانقسام والتخصص) .

3. خلايا الحبل السري الجذعية (Umbilical Cord Stem Cells) .

تؤخذ هذه الخلايا من دم الحبل السري وتصنف كنوع آخر من الخلايا الجذعية البالغة لأنها تتشابه معها في كثير من التركيب و الوظيفة ، اضافة الى قابليتها على مقاومة ظروف التجميد ($-196^{\circ}C$) في النتروجين السائل ولسنين عديدة .

استخدامات الخلايا الجذعية .

تنحصر اهم استخدامات الخلايا الجذعية بالآتي :

1 تحديد اسباب حدوث الامراض المستعصية ، والعيوب الخلقية الناجمة من خلل في انقسام وتخصص الخلايا .

2 استخدامها في التغلب على الرفض المناعي في عملية زراعة الاعضاء .

3 استخدامها في هندسة الجينات الوراثية لفهم وعلاج العديد من الامراض والامراض الوراثية.

4 استخدامها في التجارب المتعلقة بالعقاقير لمعرفة آثارها .

5 استخدامها في العلاج الخلوي (Cell therapy) لكثير من الامراض كالزهايمر والباركنسون والتهاب المفاصل والحروق، ومع التقدم في علم تقنية النانو (Nanotechnology) وهي تقنية التحكم التام والدقيق بجزيئات بحجم النانوميتر (النانوميتر = 10^{-9} من المتر) لانتاج مواد معينة من خلال التحكم في تفاعل الجزيئات ، فقد تم دمج هذه التقنية مع ابحاث الخلايا الجذعية لغرض التوصل الى فهم كيفية توجيه تلك الخلايا والتحكم في مصيرها والاستفادة من ذلك في العلاج الخلوي .

4-11. الاستنساخ في الحيوان .

يعد الاستنساخ احد طرق التكاثر اللاجنسي في الحيوان ، ولعملية الاستساخ اهمية اقتصادية حيث يمكن من خلالها انتاج افراد من خلايا جسدية (جسمية) .

ففي العام (1997م) اعلن العالم ايان ولموت (Ian Wilmut) انه استطاع استنساخ نعجة اسماها دوللي (Dolly) (شكل 4-13) من خلايا جسدية مأخوذة من نعجة بالغة ، وكانت هذه المرة الاولى التي يتم فيها استنساخ حيوان فقري . ولاجل انجاز هذا العمل اتبع ايان ولموت وجماعته الخطوات التالية :

1 تم اخذ خلايا من الغدد اللبنية (الضرع) لنعجة بالغة بعمر ست سنوات ، ووضعت الخلايا في وسط زرعي ، وقد تم تحضير الوسط الزرعي بصيغة تحفظ نوى الخلايا في حالة مستقرة.

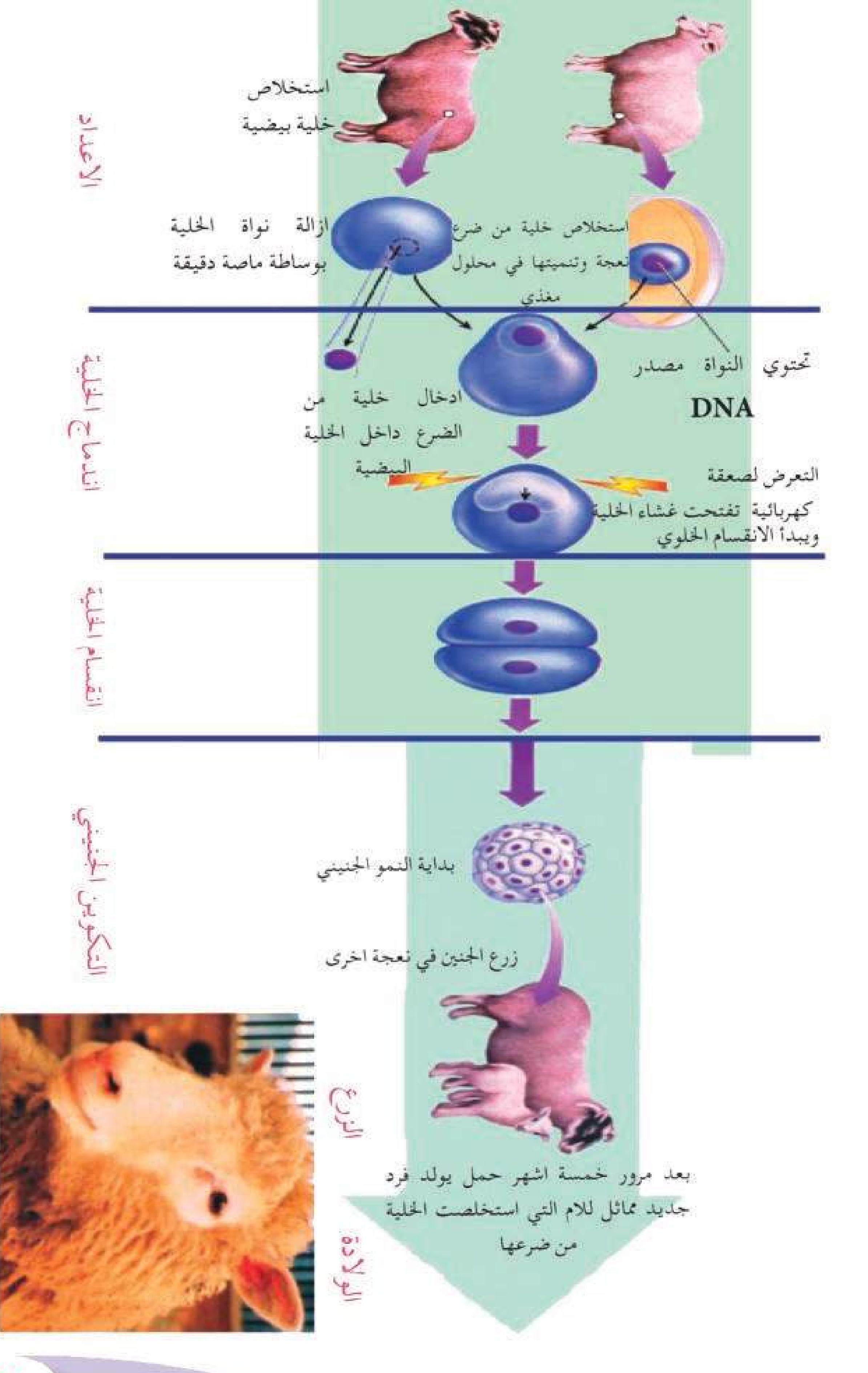
2 تم اخذ بويضات (خلية بيضة ناضجة) من نعجة اخرى وازيلت انويتها (فرغت من انويتها) .

3 حصلت عملية دمج للخلية المعطية (خلية الغدة اللبنية) مع الخلية المفرغة من نواتها بوساطة وضع الخليتين معاً وتعريضهما لنبضة كهربائية ادت الى ادماجهما، كما ادت نبضة كهربائية اخرى الى تنشيط البيضة لبدء عملية التكوين الجنيني .

4 تم نقل الاجنة الناتجة الى رحم نعجة اخرى .

5 بعد انقضاء فترة الحمل والتي مداها خمسة اشهر ولدت النعجة دوللي (Dolly) وهي تشبه تماماً النعجة التي اخذت من ضرعها الخلية الجسدية .

6 تحليل الحامض النووي منقوص الاوكسجين (DNA) اكد ان نوى خلايا النعجة دوللي مشتقة او ناتجة من نفس نواة الخلية المعطية .



شكل (4-13) مراحل استنساخ النعجة دوللي (للاطلاع)

12-4. تقانات في علاج العقم .

لقد اصبحت الانجازات الطبية في مجال تشخيص وعلاج العقم سبقاً علمياً واضحاً حيث اجريت العديد من الدراسات والتجارب الدقيقة التي انكب العلماء وخاصة علماء الاجنة على القيام بها ، اذ يعتبر العقم احد المشاكل الواسعة الانتشار في العالم وقد يحدث بسبب احد الزوجين او كلاهما او لاسباب مجهولة وقد استطاع العلم حل كثير من حالات العقم عن طريق العلاج الطبي واغلبها تحتاج الى العلاج الهورموني او عن طريق العلاج الجراحي ، وكذلك عن طريق استخدام تقانات عديدة منها :

(1) الاخصاب الصناعي (Artificial Fertilization) .

يمثل الاخصاب الصناعي عملية نقل الحيوانات المنوية بعد تنقيتها وتركيزها في المختبر الى البويضات ، ويستعمل هذا الاخصاب في حالات عديدة من اهمها :

1. وجود اسباب تتعلق في عملية التبويض او قناتي البيض او بطانة الرحم في الانثى .
2. وجود اسباب تتعلق بالجهاز التناسلي الذكري تؤدي الى قلة نسبة الحيوانات المنوية مما يحدث خللاً في عملية اخصاب البويضة، كما تشير الدراسات الى ان تناول الكحول والتدخين يقللان من انتاج الحيوانات المنوية وحيويتها .
3. وجود خلل هورموني يؤثر في عملية انتاج البيوض والحيوانات المنوية .
4. اسباب مكتسبة نتيجة التعرض الى حوادث معينة او اجراء جراحات معينة او استعمال بعض العقاقير او التعرض الى الاشعاع .

انواع الاخصاب الصناعي .

1. الاخصاب الصناعي داخل الجسم (in vivo Fertilization) .

ويتم في هذا النوع من الاخصاب حقن السائل المنوي للزوج داخل رحم الزوجة بوساطة انبوب خاص (Catheter) وللحصول على نتيجة جيدة يفضل اجراء هذا الاخصاب في وقت التبويض للمرأة مع اعطائها الادوية المنشطة للمبيض .

2. الاخصاب الصناعي خارج الجسم او طفل الانابيب (in Vitro Fertilization) .

يعد هذا النوع من الاخصاب الاكثر انتشاراً في العالم بالنسبة لحالات العقم ويعني اخصاب البويضة بالحيوان المنوي في انبوب اختبار مع اعطاء الزوجة الهورمونات المنشطة للمبيض وتتم عملية الاخصاب بعد سحب البويضات من المبيض بواسطة جهاز الموجات فوق الصوتية

او بواسطة جهاز منظار البطن ثم توضع البويضات في وسط غذائي خاص بها وبعدها تضاف الحيوانات المنوية النشطة لحدوث الاخصاب علماً ان هذه العملية تتم في درجة حرارة مماثلة لدرجة حرارة جسم الام ، ثم تنقل عادة ثلاثة اجنة (لضمان حدوث الحمل) وتكون في مراحل التفلج الاولى الى رحم الام عن طريق انبوب خاص (Catheter) لتنغرس في جداره مع اعطاء الام العقاقير المساعدة على تثبيت الاجنة في الرحم. تكون نتائج هذا الاخصاب اكثر نجاحاً وذلك لانه يتم اختيار افضل الاجنة لنقلها الى الام ، وكذلك تعطي احتمال كبير للحمل في المرة الواحدة وذلك من خلال نقل اكثر من جنين واحد الى داخل الرحم . قبل البدء بهذه العملية تجرى فحوص على الزوجين تشمل فحص الدم ،وفحص قناتي فالوب والرحم وفحص الحيوانات المنوية، كما توجد عوامل عديدة تؤدي لفشل الاخصاب بأطفال الانابيب ولعل اهمها نوعية الحيوانات المنوية والبويضة وسلامتهما، وكبر عمر المرأة لان البويضات الاكبر عمراً اقل قابلية للتخصيب ،وتنتشر هذه التقنية في مراكز خاصة عديدة في العالم ومن ضمنها المراكز الموجودة في العراق .

(2) تجميد الاجنة (Embryo Freezing) .

يتم استخدام هذه التقانة في مراكز الاخصاب الخارجي (اطفال الانابيب) وذلك من خلال تجميد الاجنة الفائضة عن الحاجة بعد اختيار الاجنة المناسبة ونقلها الى رحم الام ، وذلك لغرض استعمالها مستقبلاً اذا رغب الابوان لحمل آخر لان برنامج الاخصاب عن طريق اطفال الانابيب مكلف اقتصادياً ويحتاج الى استعداد نفسي وصحي ،كما ويتم تجميد الاجنة باستخدام النتروجين السائل ($-170C^{\circ}$) في مراكز علمية خاصة بذلك .

(3) تجميد البويضة (Oocyte Freezing) .

تتضمن هذه التقانة تجميد اجزاء من المبيض تحتوي على بويضات غير ناضجة في النتروجين السائل ($-170C^{\circ}$) وتكون نسبة نجاحها اقل من نسب نجاح تجميد الاجنة وأن التجميد قد يؤثر على كروموسومات البويضة .تساعد هذه التقانة احتفاظ المرأة بخصوبتها خاصة اللواتي تعرضن للاشعاعات او العلاجات الكيميائية او امراض معينة .

(4) تجميد الحيوانات المنوية (Sperm Freezing) .

تتضمن هذه التقانة تجميد الحيوانات المنوية في النتروجين السائل ($-170C^{\circ}$) ويمكن حفظ الحيوانات المنوية (بنوك المني Semen Bank) في انابيب بلاستيكية صغيرة او في اقراص خاصة لاستخدامها عند الحاجة حيث تدفأ بالتدريج وتعود الى درجة الحرارة الطبيعية،وقد وجد تجريبياً ان هذه العملية لاتفقدها خصوبتها،ويستفيد من برنامج تجميد الحيوانات المنوية حالات عديدة منها الرجال الذين يعانون من امراض السرطان ويحتاجون العلاج الكيميائي ، او امراض الخصية والمعرضون لاستئصالها ، والرجال المعرضون الى تناقص الحيوانات المنوية لديهم باستمرار .

أسئلة الفصل الرابع

السؤال الاول :

اكتب المصطلح العلمي الذي يدل على كل عبارة مما يأتي :

1 - ....قدرة الخلايا الجنينية في المراحل المبكرة من التكوين الجنيني على اكتساب المقدرة الوظيفية .

2 - .... قابلية نسيج معين الى التمايز بعد استلامه اشارات تحريضية تؤهله الى التمايز .

3 - .... العلم الذي يفسر ظواهر التكوين الجنيني استنادا الى دور الكيمياء الحيوية بأستخدام اجهزة خاصة .

4 - .... هي التوائم الملتحمة غير المتساوية فيكون احدها صغير ويكون متطفلا على الآخر .

5 - .... تقنية التحكم التام والدقيق بالجزيئات بحجم النانوميتر لانتاج مواد معينة من خلال التحكم في تفاعلات الجزيئات.

السؤال الثاني :

عرف المصطلحات التالية :

النمو ، التكوين الجنيني ، عملية التشكل ، القزم الجنيني ، المعيدة ، الدور التوتي ، التوائم المتعددة ، الخلايا الجذعية الجنينية ، الاخصاب الصناعي .

السؤال الثالث :

اكمل العبارات التالية بما يناسبها :

1. تتم عملية نمو الخلايا بأحد الطرق التالية :

أ...

ب...

ج ....

2. العالمان اللذان اكتشفا ظاهرة التحريض الجنيني هما .... و.......... ....

3. تتكون المعيدة في اجنة اللافقريات والحبليات الاولية من طبقتين هما .... و......................

4. تتوزع حبيبات المح في بيضة الرميح بصورة غير متجانسة في السايتوبلازم ، فتكون في اقل تركيز في جهة .... واكثر تركيزا في جهة.................................

5. لجسم الرميح اربع مكونات رئيسية هي :

أ................................. . ب................................. .

ج............................. . د.................................. .

6. تدعى عملية تكوين الانبوب العصبي في الرميح .... .ويدعى الجنين خلالها ....

7. تكون الخلايا الجذعية على ثلاثة انواع هي :

أ........................... ب........................... ج.................. ....

8. في العام .... اعلن العالم .... انه تمكن من استنساخ نعجة اسماها........... .

السؤال الرابع :

فسر وعلل الحقائق العلمية التالية :

1. في الوقت الحالي يمكن قبول نظرية التكوين المسبق وقبول نظرية التكوين التراكمي .

2. يحدث تكيف على سطح البيضة المخصبة في الرميح .

3. في نهاية تكوين المعيدة في الرميح تتحول الفتحة الارومية الى ثقب صغير .

4. تنصح الام الحامل بعدم تناول الادوية الا باستشارة الطبيب .

5. تحتاج الام الى ما لايقل عن سنتين بين كل عملية حمل وولادة واخرى .

6. نسبة نجاح تجميد البويضة اقل من نسبة نجاح تجميد الاجنة.

السؤال الخامس :

اكتب داخل القوسين الحرف الذي يشير الى الجواب الصحيح :-

(   ) 1 .**العالم** الذي اسس علم الاجنة الوصفي هو :

أ. يونت .   ب. ارسطو .   ج. ابقراط .   د. دي كراف .

(   ) 2. وصف العالم ليفنهوك النطفة عام :

أ. 1677 .   ب. 1678.   ج. 1766 .   د. 1687 .

(   ) 3. العالم الذي بين ان تكوين الفرد الجديد يتطلب وجود امشاج ذكرية وانثوية هو :

أ. ليفنهوك . ب. وولف ج. سبالانزاني . د. فون بيير .

( ) 4. اول عالم قام بتجربة على بيضة الضفدع في مرحلة التفلج الاول هو :

أ. . ب. روكس . ج. وولف . د.سبالانزاني .

( ) 5. احدى مراحل التكوين الجنيني التي يحدث فيها تمايز نسيجي :

أ. التفلج . ب. التمعد . ج. التمايز . د. التعضي .

السؤال السادس :

قارن بين :

1. مرحلة التمايز ومرحلة التعضي في التكوين الجنيني من حيث التغيرات التي تحدث للجنين في كل منهما .
2. التوائم الاخوية والتوائم المتماثلة .
3. الخلايا الجذعية الجنينية والخلايا الجذعية البالغة .
4. الاخصاب الصناعي داخل الجسم والاخصاب الصناعي خارج الجسم .

السؤال السابع :

اكتب ما تعرفه عن :

1. قانون فون بيير .
2. مرحلة التفلج في التكوين الجنيني للرميح .
3. ما يجب على الام الحامل الوقاية منه والابتعاد عنه والذي يؤثر على جنينها .
4. استخدامات الخلايا الجذعية .
5. الخطوات التي اتبعها العالم (ايان ولموت) وجماعته في عملية الاستنساخ .
6. الحالات التي يستخدم فيها الاخصاب الصناعي .
7. التغيرات والتحورات التي تحدث في مرحلة التحول الشكلي لدعموص الضفدع .



الفصل الخامس
علم الوراثة

محتويات الفصل

النواتج التعليمية :

بعد الانتهاء من دراسة الفصل الخامس نأمل من الطالب ان يكون قادراً على ان :

1. يتعرف على بعض التطبيقات الوراثية في الحضارات التي سبقت العالم مندل .
2. يرسم سجل النسب لعائلة لديها طفل مصاب بمرض يرجع الى جين متنحي ، وسجل نسب اخر لطفلة مصابة بمرض وراثي يرجع الى جين سائد .
3. يعَرف قانون مندل الاول وقانون مندل الثاني ويقارن بينهما .
4. يعدد الصفات السبع التي درسها مندل ويبين طبيعة توارثها .
5. يدرك ان الصفات التي درسها مندل كانت غير مرتبطة اي ان كل منها يقع على كروموسوم مختلف .
6. يعرف بأن الصفة ذات السيادة التامة اما ان تكون نقية او هجينة .
7. يتمكن من ايجاد العلاقة بين صفتين منديليتين من خلال استخدام قانون حاصل ضرب الاحتمالات .
8. يدرك بان التعبير المظهري لبعض الصفات هو ليس دائماً انعكاساً للطراز الوراثي ويعطي مثال عن ذلك .
9. يبين ما المقصود بتداخل الفعل الجيني ؟ ويعطي مثال عن ذلك .
10. يعطي تعليل عن تعدد الطرز المظهرية لبعض الصفات ويدعمها بمثال .
11. يدرك موضوع التوافق وعدم التوافق في عملية نقل الدم (التبرع بالدم) .
12. يبين الاستنتاج الذي توصل اليه الباحثان هيرشي وشيس .
13. يحدد الاختلاف بالرسم بين الحلقة البيورينية والبريميدينية للقواعد النتروجينية .
14. يرسم تتابع القواعد في ال DNA المتمم للشريط الاصلي وكذلك ال mRNA لهذا الشريط (القالب) .
15. يستطيع ان يبين علاقة انزيمات معينة بعمليات تضاعف واصلاح ونسخ وترجمة التعليمات الوراثية .
16. يعدد متطلبات تقنية الهندسة الوراثية .
17. يبين بالرسم كيفية الحصول على شريط DNA معاد التركيب ويعدد تطبيقاته .



5-1. مقدمة ونبذة تاريخية .

يُعرف علم الوراثة (Genetics) بأنه ذلك الفرع من علم الحياة الذي **يهتم** بدراسة التغايرات الموروثة لكائن حي او لمجموعة من الكائنات وكذلك كيفية تعبير المورثات المسؤولة عن تلك التغايرات .

ومن المجالات التي يهتم بها هذا العلم ما يأتي :

آ كيفية انتقال الصفات الوراثية من جيل الى اخر .

ب معرفة التركيب الجزيئي للمادة الوراثية ، والتغيرات التي تطرأ عليها وتطبيقاتها المختلفة .

جـ معرفة كيفية حدوث عملية التعبير الوراثي على المستوى المظهري والجزيئي .

ان اول من اطلق مصطلح (Genetics) على هذا العلم هو الباحث الانكليزي بيتسون (Bateson) عام (1906 م) . **وفيما** يلي نبذة تاريخية مختصرة عن اهم الدراسات الوراثية التي ساعدت في تقدم هذا العلم .

1 بدايةً تم انتخاب التغاير الوراثي للانواع المفيدة، وذلك كطرز او صفات مميزة تخدم الاجيال وتتلائم مع متطلبات الحياة وخاصة في المجال الزراعي .

2 وضع مندل انظمة تحكم الوراثة بالصفات غير المرتبطة بالجنس ، حيث نشر في عام (1866م)

مقالة بعنوان "ابحاث حول بعض الهجائن النباتية" ولكن لسوء الحظ لم ينتبه اليها علماء عصره الا بعد مرور 34 عاماً .

3 ان اكتشاف تجارب مندل عام (1900م) قد تخطى مايسمى "بالعمر الذهبي" لعلم الخلية ، و ذلك عندما تم رؤية الكروموسومات والتي افترض بأنها حاملة للصفات الوراثية والتي لم تدرك انذاك من قبل العالم مندل .

4 لقد شهد الربع الثالث من القرن العشرين ايجاد حلول لكثير من الاسئلة وعلامات الاستفهام وذلك بحل اللغز الذي وصفه العالمان واطسن وكريك عام (1953 م) حول تركيب جزيء الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين Deoxyribonucleic acid (DNA) والذي توج في الستينات من القرن الماضي بحل الشفرة الوراثية (Genetic code) .

5 بدأ توجه علماء الوراثة في عقد السبعينات نحو مجال التقنيات الاحيائية ، حيث تمكنوا من تهجين الـDNA لانواع مختلفة بغية ايجاد عقار او دواء ذو فعالية كبيرة وبكمية مناسبة وفي نفس الوقت تم اكتشاف المورثات التي تسبب اغلب التشوهات النادرة والتي ترجع الى مُورث مفرد (Single gene) ، وبناءً على ذلك تم تطوير طريقة التشخيص وحتى التوصل الى اختبارات تسبق ظهور الاعراض، اضافة الى ابتكار انواع جديدة من المعالجات من خلال الهندسة الوراثية .

6 لقد برزت في عام (1986م) فكرة استخدام الـDNA في المجالات التطبيقية وذلك **لتميزه** بعدد من الخصائص منها :

- قابليته على النقل من كائن الى آخر بوساطة بعض النواقل كالرواشح (الفيروسات) والبلازميدات .
- قابليته على تحوير وظائف الخلية المستلمة له .
- قابليته على التضاعف داخل الخلية بصورة طبيعية وايضاً خارجها وذلك من خلال استخدام تقنية التفاعل التضاعفي او التسلسلي لشريط الـDNA بوساطة الانزيم المتعدد **البوليمير** (PCR) Polymerase Chain Reaction .

7 في بداية القرن الحادي والعشرين وبالذات عام (2003 م) تم كشف النقاب وبصورة كاملة عن انجاز تسلسل ازواج القواعد النتروجينية والتي يتجاوز عددها 3.3 مليار (billion) وذلك لمورثات كروموسومات الانسان في الحالة الاحادية والمسماة بالجينوم .

8 حالياً تركز الابحاث **الجينية** (Genomics) حول كيفية تعبير المورث في مختلف الخلايا سواء في المرضى او في الاصحاء وكذلك في الكشف عن الاختلاف او **التمايز** الوراثي الذي تكون له الاولوية في بناء الشخصية .

5-2. الوراثة ماقبل مندل .

5 - 2 - 1 . دور حضارة وادي الرافدين :

لقد صاحب نشأة هذه الحضارة في العراق القديم خلال الفترة الممتدة بين سنة (4000 - 800 ق.م.) الاهتمام في مجال الحصول على انواع محسنة من الحنطة والرز والقطن والفول وكذلك الماشية والخيول .

لقد ادرك سكان العراق انذاك اهمية التكاثر الجنسي في الوراثة وتحسين المحصول وذلك من خلال ممارستهم تلقيح النخيل ، وكذلك اجراء التزاوجات بين سلالات مختلفة من الماشية .

وهذه موثقة من خلال الاختام التي وُجدت هناك . فعلى سبيل المثال وجد بين تلك الوثائق رسالة فريدة من نوعها كُتبت بالخط المسماري حوالي (1360 ق . م.) وقد اعطت وصف دقيق لكيفية تدريب الخيول وانتقاء اجودها للسباق .

5 - 2 - 2 . دور حضارة وادي النيل :

لقد تلازمت بعض التطبيقات الرائدة لعلم الوراثة مع نشأة حضارة وادي النيل سنة(5000 ق . م .) حيث تم العثور من قبل فراعنة مصر القديمة على انواع منتخبة من الحنطة تتسم بنوعية ووفرة الانتاج .

5 - 2 - 3 . دور الحضارة اليونانية :

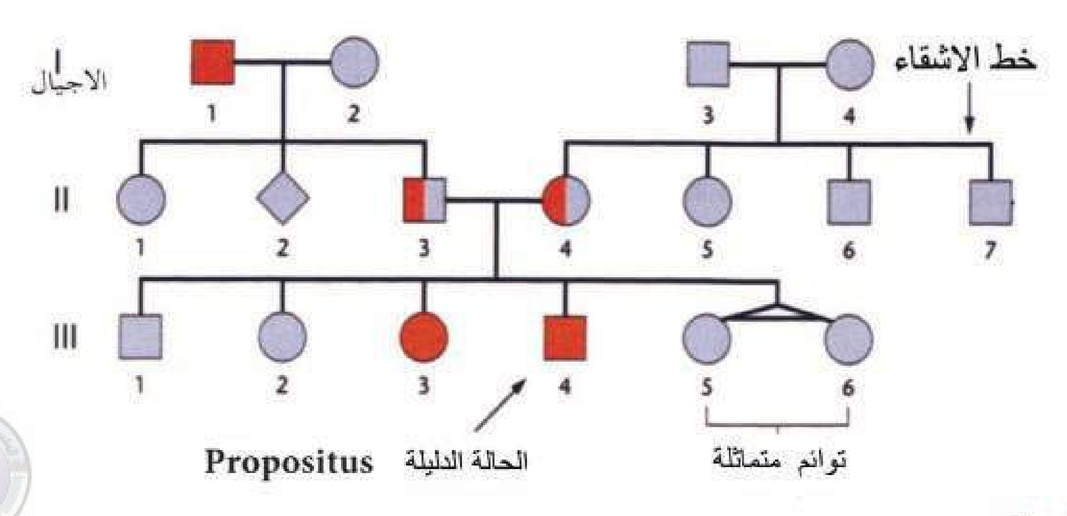
لقد كان الفلاسفة اليونانيون **مهتمين** بتوضيح التشابه بين الاقارب . فأبو قراط (Hippocrates 460 - 370ق.م)قد اشار الى تكرار صفات بشرية معينة مثل الحول في العين (Crossed eye) ، والرأس ذو العلامة البيضاء (Bald headedness) في مجموعة معينة من العائلات .

كما لاحظ ايضاً انتشار امراض معينة مثل الصرع وبعض انواع العمى في عوائل معينة . كما تعرّف اليونانيون على اعراض بعض المتلازمات البشرية كمتلازمة داون (Down's Syndrome) . كما **اهتموا** كثيراً بفكرة البنية الطبيعية التي تمد الجسم بالمناعة .

5 - 2 - 4 . دور الاوربيون قبل مندل :

يعتبر عالم الاحياء موبرتويس (**Maupertuis**) من الذين سلطوا الضوء على اهمية وراثة الانسان . لقد جمع سجلات نسب (**Pedigrees**)* شكل (5 - 1) لبعض العوائل التي يحدث فيها صفة البرص (**albinism**) شكل (5 - 2) وقام بتحليلها وتنبأ باحتمال حدوثها في الاجيال القادمة من خلال تطبيقة لنظرية الاحتمال .

وفي منتصف القرن التاسع عشر تم تطبيق حالات انتقال بعض الصفات الوراثية في الانسان كلون العيون (بني × ازرق) ولون شعر الجسم (اسود × ابيض) في القطط ، وكذلك طُبقت على الابقار المعروفة بوفرة الشعر واللحم .





شكل (5 - 1) . نموذج لسجل نسب يبين كيفية انتقال صفة البرص خلال ثلاثة اجيال (للاطلاع) .



شكل (5-2) . يبين لون الشعر والاهداب والبشرة في فتاة برصاء (للاطلاع) .

* سجل النسب : هو مخطط يستخدم لمتابعة توريث الصفة في العائلة . اذ ان المربع يشير الى الذكور . بينما الدائرة تشير الى الاناث والخط الواصل بينهما يشير الى التزاوج. اما الخطوط الاخرى فتشير الى الاولاد.

وبعد منتصف القرن اعلاه طرح وايزمان (Weismann) الفكرة القائلة بأن الجبَلة الجرثومية (germplasm) هي المادة الوراثية التي تنتقل من جيل الى اخر . يتضح مما تقدم بأن حقائق التوارث تعتبر من الامور المألوفة منذ زمن قديم لدرجة انها كانت تؤخذ على علاتها كأمر مُسلم به . لقد كان الاختلاف بين الافراد معقداً ولم ينطبق عليه اي تحليل او تفسير آنذاك ، وعلى الرغم من ذلك فقد حاول بعض علماء الحياة وضع رؤى معينة لتفسير ظواهر التشابه والاختلاف ، غير انهم لسوء الحظ لم يتمكنوا من استنباط طريقة تجريبية ترتكز على اساس علمي لغاية مجيئ الباحث النمساوي مندل (Mendel) الذي قدم فرضياته الرئيسية حول انتقال الصفات الوراثية وذلك من خلال نتائج تجاربه على نبات البزاليا .

5-3. الوراثة المندلية :

يعتبر كريكور جوهان مندل (Gregor Johan Mendel) الشكل (5-3) اول من نجح في اكتشاف المبادئ الاساسية لعلم الوراثة. ولد في النمسا عام (1822م). شرع مندل باجراء تجاربه على نبات البزاليا (Pisum sativum عام 1856م) ولقد استغرقت تجاربه المتعددة زهاء ثمان سنوات بعدها قدم نتائج بحوثه الى مجلة التاريخ الطبيعي عام (1865م) وتم نشرها بعد مرور سنة من التاريخ اعلاه ولكن للاسف بقيت نتائج ابحاثه طي الكتمان لمدة 34 عام من تاريخ نشرها، وذلك لانشغال علماء عصره بنظرية دارون (1809 - 1882م) في التطور العضوي . وفي مطلع القرن العشرين اعيد اكتشاف فرضيات مندل في الوراثة على اثر قيام ثلاثة علماء ببحوث منفردة ايدت نتائجها مبادئ مندل الرائدة في الوراثة وهم الهولندي دي فريز (De Vries) والالماني كورنز (Correns) النمساوي تشرماك (Tschermak) والذين كانوا مهتمين بدراسة وظيفة وسلوك الكروموسومات .

شكل (5 - 3) العالم مندل واضع قوانين الوراثة .

5 - 3 - 1 . بعض خصائص الاحياء المستخدمة في تجارب الوراثة .

لقد اصبح من المعروف بان المشتغلين في الوراثة **يعتمدون** على **تصميم** التجارب وتحليل نتائجها وذلك لغرض استخراج فرضية معينة منها حول كيفية انتقال الصفات المختلفة. **وفيما** يلي بعض الاعتبارات التي يتطلب مراعاتها عند استخدام كائن معين لغرض اجراء الدراسات الوراثية :

1 قصر دورة حياته .

2 انتاجه اعداد كبيرة من النسل .

3 امتلاكه امكانية حصول تغايرات وطفرات وراثية عند تعرضه لظروف بيئية غير مناسبة كالاشعاع والمواد **الكيميائية** .

4 امكانية التحكم بالتلقيح او التزاوج في ذلك الكائن .

5 سهولة تربيته وادامته .

6 امكانية انتاجه تراكيب جديدة نتيجة للتكاثر الجنسي او الاقتران او التوصيل(**Transduction**) والذي يحدث بواسطة الرواشح (**Viruses**) .

لقد اجري العديد من البحوث على الكائنات الاولية الدقيقة **كالبكتيريا** والفطريات وعلى بعض النباتات كالبزاليا والذرة الصفراء والشعير والحنطة والقرع والطماطة وحنك السبع وكذلك دُرست العديد من الصفات في الحيوانات كحشرة ذبابة الفاكهة والفأر والدجاج وخنزير غينيا والابقار وكذلك في الانسان .

الجدول (5-1) . يبين عدد الكروموسومات في الخلايا الجسمية لانواع مختلفة من الكائنات الحية .

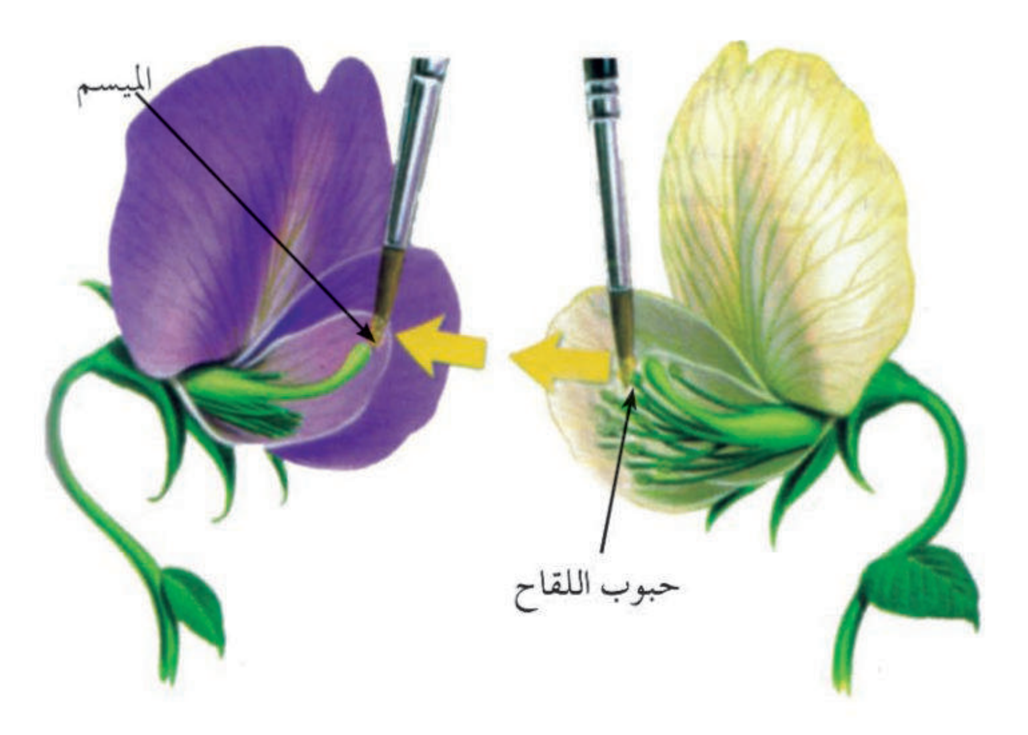
الاسم الشائع لاسم النباتات	عدد الكروموسومات في الخلايا الجسمية	الاسم الشائع لنوع الحيوانات	عدد الكروموسومات في الخلايا الجسمية
البزاليا	14	البعوض	6
الذرة	20	ذبابة الفاكهة	8
الفاصوليا	22	نحل العسل	32 ، 16*
الرز	24	القطة	38
حنطة الخبز	28	الفأر المنزلي	40
زهرة الشمس	34	الانسان	46

* ذكور حشرة نحل العسل الاعتيادية تكون احادية المجموعة الكروموسومية .

5 - 3 - 2 . كيفية استخدام مندل نموذج الطريقة التجريبية لدراسة طرز patterns التوارث :

ان نجاح مندل على الرغم من فشل الباحثين الاخرين من قبله قد يُعزى الى الاسباب الاتية :

1 اختياره نموذج (**Model**) رائع في **التصميم** والتحليل لتجاربه الوراثية والتي اجريت على نبات البزاليا الذي يتسم بتغايره الوراثي وقدرته على **النمو** بسهولة وقابليته للتهجين بصورة اصطناعية (الشكل **5-4**).



شكل (**5 - 4**) . طريقة مندل في نقل حبوب اللقاح من متوك نبات البزاليا الى ميسم نبات اخر وذلك لمعرفة وراثة صفاته (للاطلاع) .

2 لقد حدد فحوصاته على زوج واحد من الصفات او عدد قليل جداً منها في كل تجربة (الشكل **5 - 5**) .

3 حفظ سجلات مضبوطة والتي **اعتمد** عليها في التحليل الاحصائي لتجاربه .

التزاوجات التي أجراها مندل ونتائجها

الصفة	الآباء	الجيل الأول (F_1)	الجيل الثاني (F_2)	النسبة الحقيقية	النسبة المتوقعة
موقع الزهرة	سائدة نقية متنحية محوري x طرفي	سائدة 100٪ هجينة محوري	651 محوري 207 طرفي	1 : 3,14	1 : 3
طول النبات	طويل x قصير	طويل	787 طويل 277 قصير	1 : 2,84	1 : 3
شكل القرن	منتفخ x متخصر	منتفخ	882 منتفخ 299 متخصر	1 : 2,95	1 : 3
لون القرن	اخضر x اصفر	اخضر	428 اخضر 152 اصفر	1 : 2 ,82	1 : 3
ملمس البذرة	املس x مجعد	املس	5,474 املس 1,850 مجعد	1 : 2,96	1 : 3
لون البذرة	اصفر x اخضر	اصفر	6,022 اصفر 2,001 اخضر	1 : 3,01	1 : 3
لون الزهرة	احمر x ابيض	احمر	705 احمر 224 ابيض	1 : 3,15	1 : 3

شكل (5 - 5) .

الطرز المظهرية للسبعة ازواج من الصفات المتضادة التي درسها مندل في نبات البزاليا ونتائج تهجيناتها الاحادية. لاحظ ان كافة افراد الجيل الاول F_1 كانت تحمل الطراز السائد ، اما الطراز المتنحي فلقد عاود الظهور بنسبة 25 % من افراد الجيل الثاني F_2 (للاطلاع) .

5 - 3 - 3 . بعض المصطلحات والرموز الوراثية .

لغرض فهم التهجين الاحادي (التضريب لصفة واحدة) والفرضيات التي تم اشتقاقها منه آنذاك ، علينا ان نتعرف على عدد من المصطلحات الجديدة المستخدمة في هذا المجال وهي :

(1) الحليل (البديل) او الاليل (Allele) :

هو احدى حالات الطفرات المحتملة للعامل الوراثي (الجين) والذي يتميز عن الآليلات او الحلائل الاخرى من خلال تأثيراته المظهرية . فأذن الاليل هو شكل آخر للجين او متغاير الجين .

(2) المورثات او الجينات (Genes) :

هو تسلسل من الـDNA التي تمتلك وظيفة معينة مثلاً قابليتها لأن تحول الشفرة الوراثية الى بروتين او تسيطر على التعبير عن الصفة وبالأمكان اثبات وجودها من خلال تغاير الاليلات .

(3) التعبير الجيني (Gene expression) :

هي عملية استخدام معلومات الـDNA من قبل الخلايا وذلك لتصنيع بروتين معين .

(4) الطراز الوراثي او الجيني (G) Genotype :

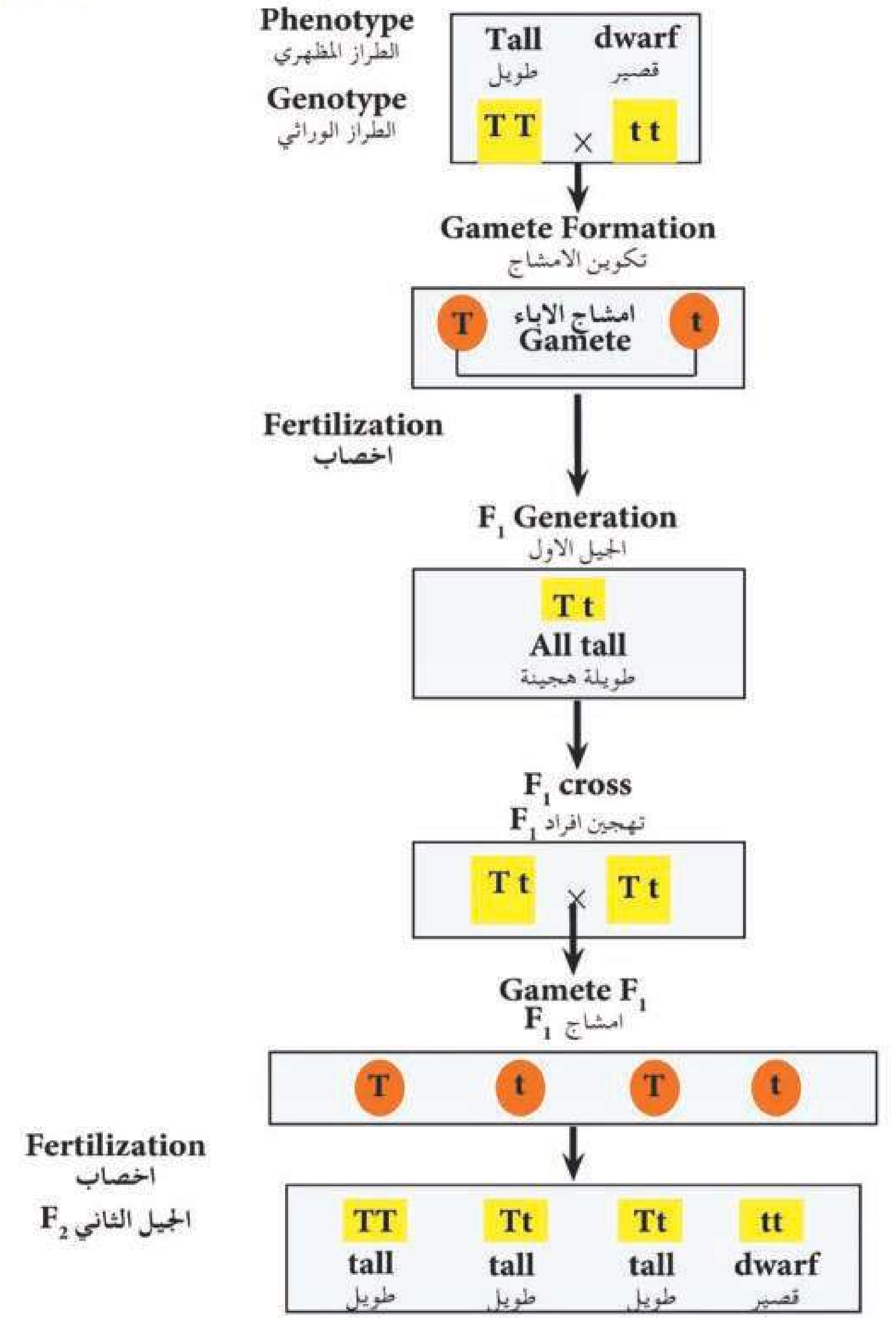
هو يعكس التركيب او البنية الوراثية للفرد ويعبر عنه برموز وراثية وذلك للاشارة الى اتحاد الآليلات في فرد معين .

(5) الطراز المظهري (P) Phenotype او الفئة المظهرية :

هو يشير الى الخصائص او العلامات المشاهدة للكائن الحي والمسيطر عليها وراثياً . فمثلاً صفتي طول الساق وقصره في نبات البزاليا يُشار اليهما كتعبيرات طبيعية للمعلومات الموجودة في العوامل الوراثية . من خلال اتباع مبادئ الصفات السائدة والمتنحية يمكننا الاخبار عن الطراز المظهري للفرد من الطراز الوراثي فمثلاً (TT و Tt) طويلة الساق و (tt) قصيرة الساق . وعندما يحمل الفرد طراز وراثي متماثل العوامل مثل (TT او tt) فيقال لذلك الفرد بأنه متجانس او نقي (Homozygous) وعندما يحمل الفرد طراز وراثي غير **متماثل** العوامل مثل (Tt) فيقال لذلك الفرد بأنه غير متجانس او هجين (Heterozygous) . لاحظ الشكل (5-6) . الذي يعطي مثال عن التضريب بين صفة سائدة نقية وصفة متنحية وكذلك المصطلحات الحديثة المستخدمة .

أما بصدد رموز العامل الوراثي فعادة مايستخدم الوراثيون طرق مختلفة بهذا الشأن ، سنتطرق حالياً الى ذكر رموز احدى الصفات المندلية ولتكن صفة طول الساق في نبات البزاليا . حيث يعطي الحرف الكبير (T) ليشير الى صفة الساق الطويل (Tall) ، **بينما** يعطي الحرف (t) .

ليشير الى صفة الساق القصير وهي صفة متنحية وفي مثل هذه الحالة تم اشتقاق هذا الرمز من المصطلح الخاص بالصفة السائدة ، غير انه غالباً مايشتق ذلك الرمز من المصطلح الخاص بالصفة المتنحية (الشكل 5-6) .



شكل (5 - 6) . يبين كيفية استخدام الرموز وبعض المصطلحات الوراثية في تهجين احادي بين نبات بزاليا طويلة (TT) وقصيرة الساق (tt). تشير المستطيلات الى الطرز الوراثية. اما الدوائر فتشير الى الامشاج .

بعض الرموز الوراثية المستخدمة في التضريبات وكذلك في حل المسائل الوراثية :

الرمز	المعنى
F_1	الجيل الاول وهو مأخوذ من كلمة (**Filial**) اللاتينية وتعني ذرية وهكذا بالنسبة للجيل الثاني F_2 ...الخ
G_1	يشير الى امشاج (**Gametes**) الاباء وهكذا G_2 بالنسبة لامشاج الجيل الاول ...الخ
P_1	يشير الى الابوين الاصليين (**Parents**) وهكذا بالنسبة الى P_2...الخ
X	علامة تزاوج او تضريب او تلقيح او تهجين .
♂	رمز لاتيني يشير الى الاب او الذكر .
♀	رمز لاتيني يشير الى الام او الانثى .

5 - 3 - 4 . التهجين الاحادي (Monohybrid Cross) .

هو تهجين وراثي بين فردين ويتضمن زوج من الصفات المتضادة التي ترجع الى نفس الموقع الوراثي (مثل **aa X AA**) . وبذلك فهو يكشف عن كيفية انتقال طرز هذه الصفات عبر الاجيال .

مثال عن التهجينات الاحادية لمندل :

تعتبر صفة طول الساق في نبات البزاليا مثال على ذلك . فعند التهجين بين بزاليا طويلة الساق نقية وبزاليا قصيرة الساق ، كانت جميع افراد الجيل الاول (F_1) طويلة الساق . وعند اجراء التلقيح الذاتي لافراد الجيل الاول لاحظ مندل بأن **787** من **1064** لنباتات الجيل الثاني (F_2) كانت طويلة ، بينما **277** من **1064** كانت قصيرة . ان هذه الارقام تمثل النسبة التقريبية **1 : 84 . 2** اي حوالي **3 : 1** . لذا فأن الصفة المتنحية التي لم تظهر في الجيل (F_1) عاودت للظهور في الجيل (F_2) وبنسبة **25 %** .

يتضح من نتائج التهجينات المندلية بأنها لاتكون معتمدة على الجنس ، اي ان مورثات (جينات) تلك الصفات تقع على كرموسومات جسمية وليست جنسية .

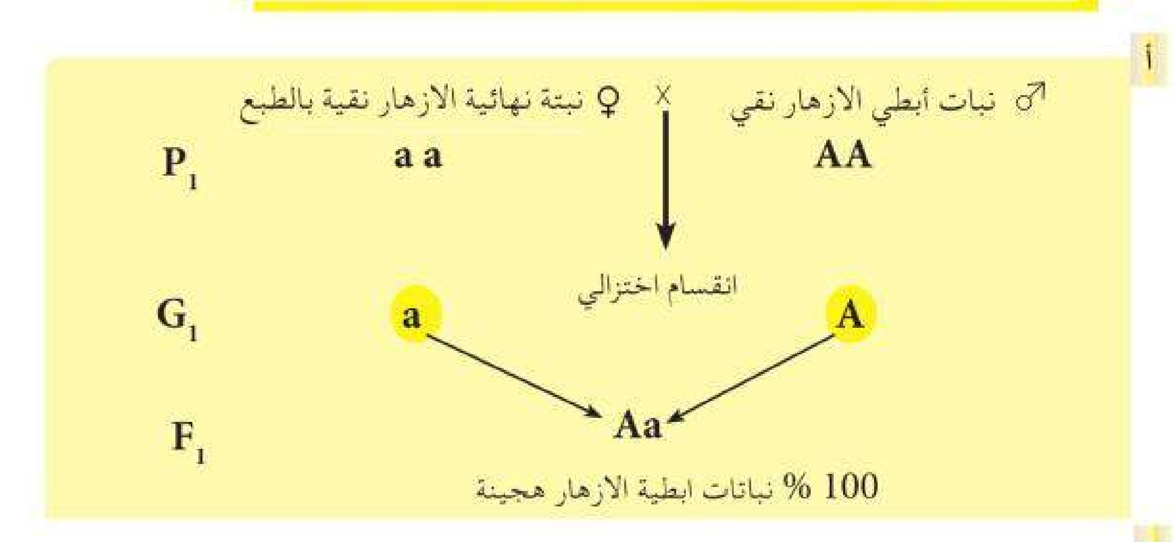
وعادة يستخدم التهجين العكسي (**Reciprocal Cross**) لغرض التأكد من ان صفة معينة يقع مورثها على كروموسوم جسمي ام جنسي ، او يقع في عُضية سايتوبلازمية كالمايتوكوندريا ٠

تعريف التهجين العكسي :

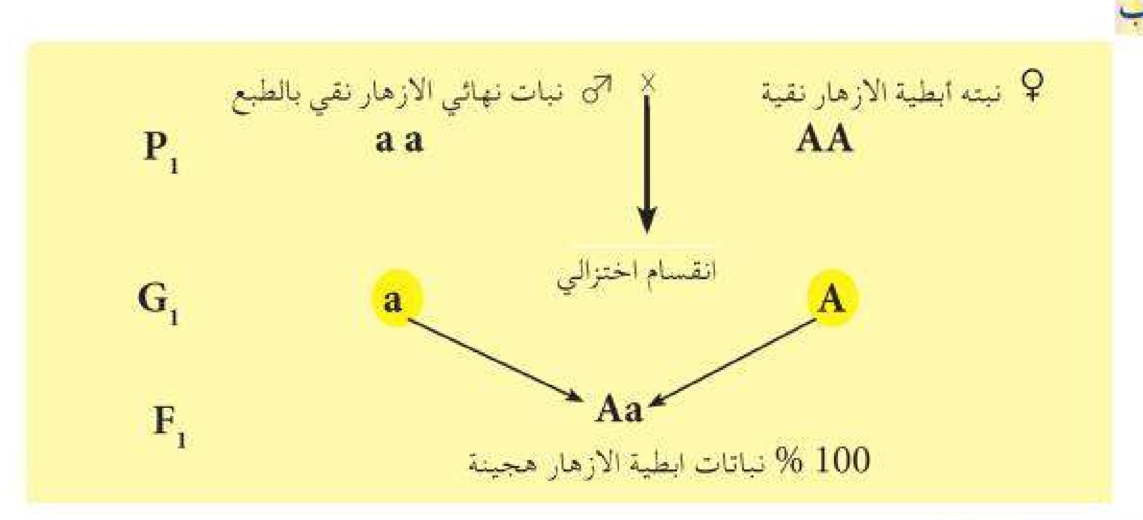
تضريب يحصل بين فردين احدهما يحمل الطراز السائد والاخر يحمل الطراز المتنحي لصفة معينة وبالعكس ويتضمن تضريبين (اي استخدام الفرد الذي يحمل الطراز الجيني السائد كاب والفرد الذي يحمل الطراز الجيني المتنحي كام في التضريب الاول وبالعكس في التضريب الثاني) . فاذا كانت النتائج في الحالتين متشابهة فالمورثة لتلك الصفة تقع على كروموسوم جسمي واذا كانت النتائج مختلفة عند عكس الطراز فهذا يعني ان مورثة الصفة تقع على كروموسوم جنسي او في السايتوبلازم على احدى العضيات وكما في المثال الاتي .

مثال عن التهجين العكسي في نبات البزاليا :

أ



ب



اذن الصفة المدروسة هي صفة مندلية تقع على كرموسوم جسمي . ولغرض توضيح هذه النتائج افترض مندل وجود زوج من العوامل الوراثية لكل صفة ، حيث ان هذه العوامل هي التي تتحكم بانتقال الصفة من جيل الى آخر وهذا يؤكد نجاح مندل في تجاربه .

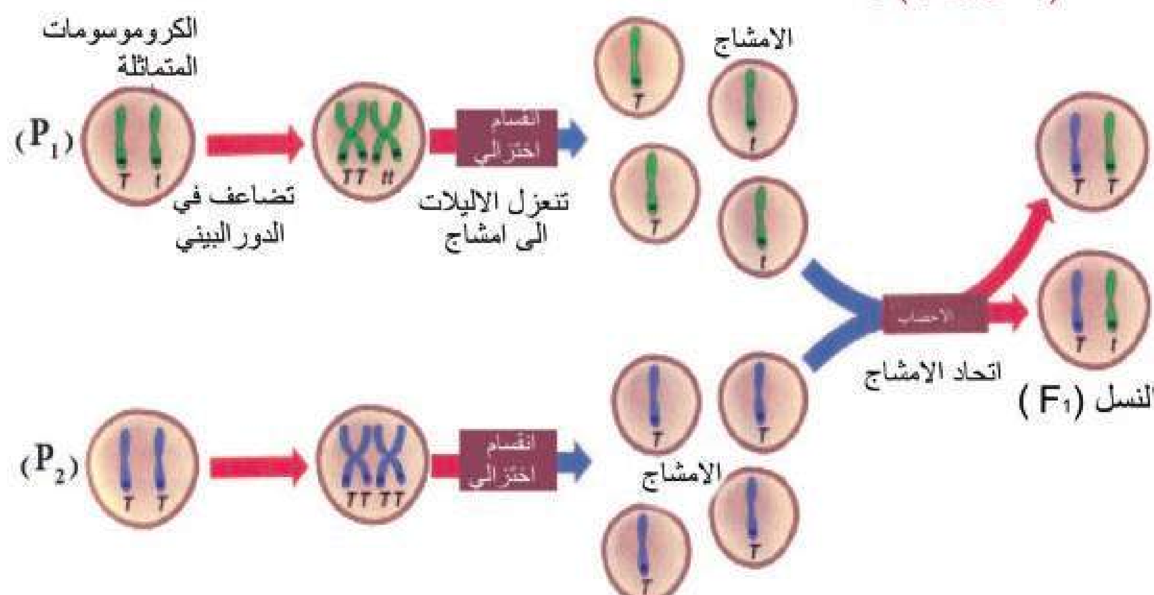
5 - 3 - 5 . فرضيات مندل Mendel's Postulates .

لقد استخدم مندل توافق طرز النتائج التي حصل عليها في التهجين الاحادي لاشتقاق ثلاث فرضيات او مبادئ في الوراثة وهي كالآتي :

1. تكون العوامل زوجية (**Unit Factors in Pairs**) اي ان كل صفة يحملها الفرد مسيطر عليها من قبل زوج من العوامل . وعادة يحتوي الفرد الثنائي (**Diploid**) واحد من ثلاث طرز وراثية تعين الصفة وهي (**AA** او **Aa** او **aa**) .

2. الصفة السائدة والمتنحية (**Dominant and recessive**) عندما يوجد اثنين من العوامل غير المتماثلة (**Aa**) والمسؤولة عن صفة واحدة في فرد معين فأن احد هذه العوامل (**A**) يكون سائد على الآخر المتنحي (**a**) ، علماً بأن العامل المتنحي يكون مسؤول عن اظهار الصفة المتنحية وذلك عندما يكون بحالة زوجية (**aa**) .

3. الانعزال (**Segregation**) خلال عملية تكوين الامشاج ، تنفصل او تنعزل ازواج العوامل غير المتماثلة (**Aa**) بصورة عشوائية ولهذا فان كل مشيج سوف يستلم احد هذين العاملين وباحتمالية متكافئة (شكل 5-7) .



شكل (5-7) يبين انعزال الجين تبعاً لقانون مندل الاول .

اما اذا كان الفرد يحتوي على زوج متماثل من العوامل (aa) او (AA) فيؤدي ذلك الى ان جميع الامشاج سوف تستلم عامل واحد. وبعد الاخصاب فأن افراد الجيل (F_1) سوف تستلم عامل واحد من كل اب (Parent) وبذا تصبح الافراد الناتجة مزدوجة العوامل، وعند التلقيح الذاتي لأفراد الجيل (F_1) فأن كل مشيج سوف يستلم بصورة عشوائية اما العامل السائد او المتنحي ، وبعد الاخصاب سوف تتكون اربع اتحادات لتكوين افراد الجيل (F_2) وبنسبة سائد 3 : 1 متنحي .

وعلى ضوء هذه الفرضية وضع مندل قانونه الاول المسمى بقانون الانعزال (Law of Segregation) والذي ينص على مايأتي :

> "العوامل الوراثية المزدوجة في الفرد تنعزل عن بعضها عند تكوين الامشاج ثم تعود لتزدوج بعملية الاخصاب عند تكوين افراد النسل".

اما بصدد الفرضية الرابعة لمندل والمسماة (بالتوزيع الحر) فسنتطرق اليها لاحقاً ضمن قانون مندل الثاني .

5 - 3 - 6 . مربع بونيت Punnett Square .

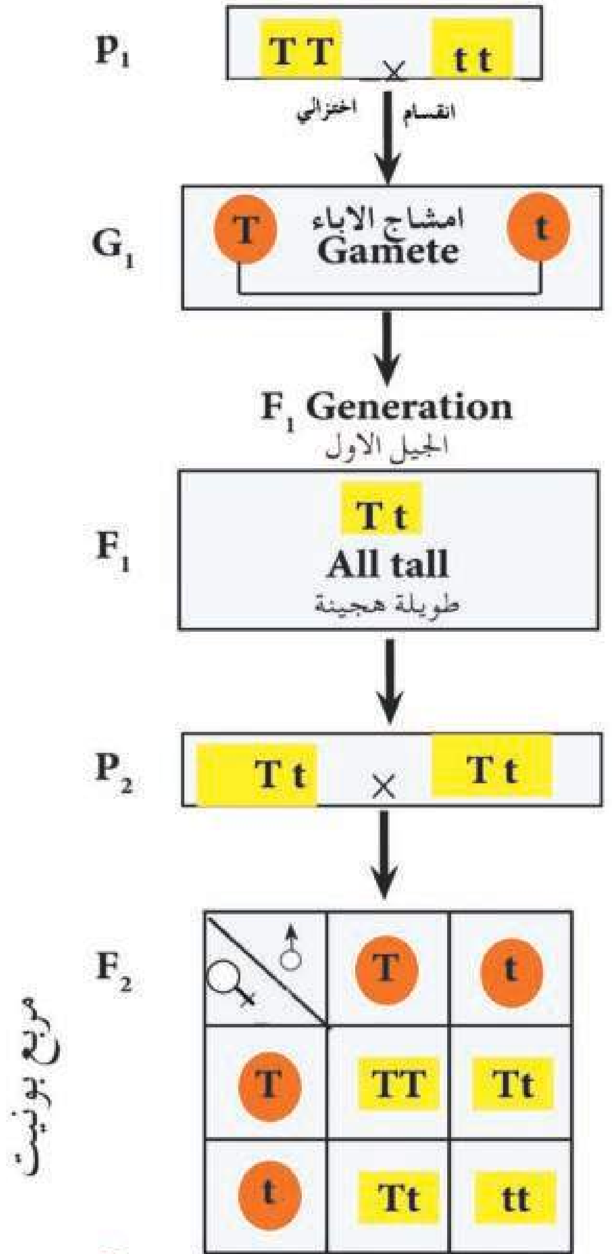
ان الطرز الوراثية والمظهرية الناتجة من اعادة اتحاد الامشاج خلال الاخصاب بالأمكان اظهارها للعيان وبسهولة من خلال (مربع بونيت) .

مربع بونيت :

رسم هندسي يشبه رقعة الشطرنج توضع في يساره وبصورة عمودية الامشاج الذكرية بينما توضع في اعلاه وبصورة افقية الامشاج الانثوية أو بالعكس الشكل (5 - 8) .

ويمكن من خلاله معرفة احتمالات كل اتحاد لهذه الامشاج الذكرية أو الانثوية وكذلك معرفة الطرز المظهرية والوراثية ونسب كل منها .

لاحظ سهولة استخراج النسبة الوراثية (1:2:1) والنسبة المظهرية (3:1) لافراد الجيل الثاني في التهجين الوارد في الشكل (5 - 8) .



شكل (5 – 8) . استخدام مربع بونيت في الحصول على نسبة افراد (F_2) وذلك عند اجراء التلقيح الذاتي لافراد (F_1) والمشار اليه في الشكل (5 – 5) .

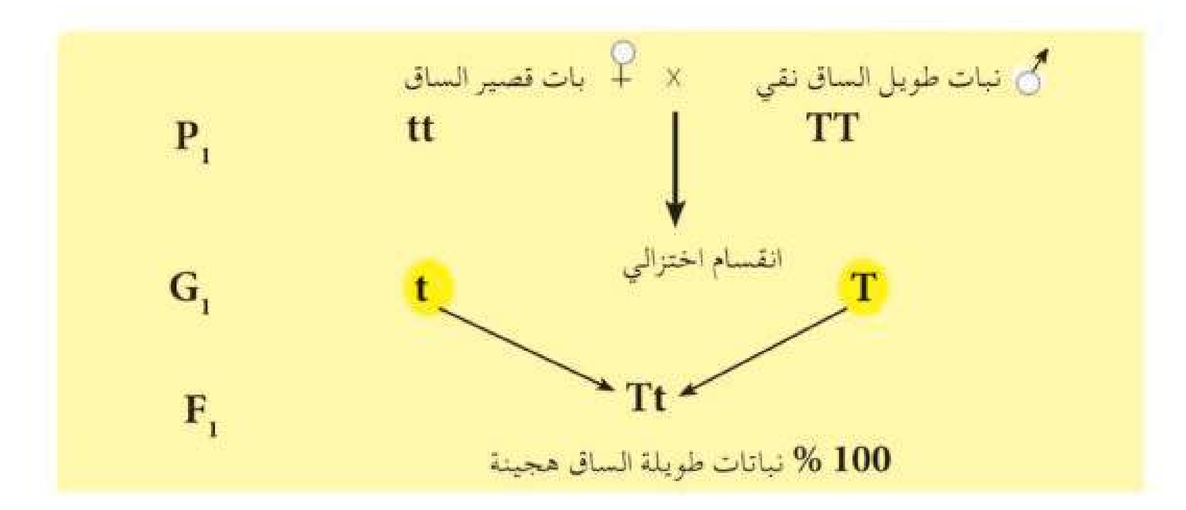
5 – 3 – 7 . التضريب الاختباري (Test Cross) .

ان الهدف من هذا التضريب هو التعرف على الطراز الوراثي للفرد الذي يحمل الصفة السائدة المجهولة النقاوة، حيث يتم تضريبه مع فرد اخر متنحي لتلك الصفة فاذا كان جميع افراد النسل يحملون الطراز السائد فان ذلك الفرد يكون نقياً في تلك الصفة، اما اذا كان 50 % من افراد النسل سائد و 50 % متنحي فيعني ذلك ان الفرد هجين في الصفة .

ويمكن توضيح ذلك كالآتي :

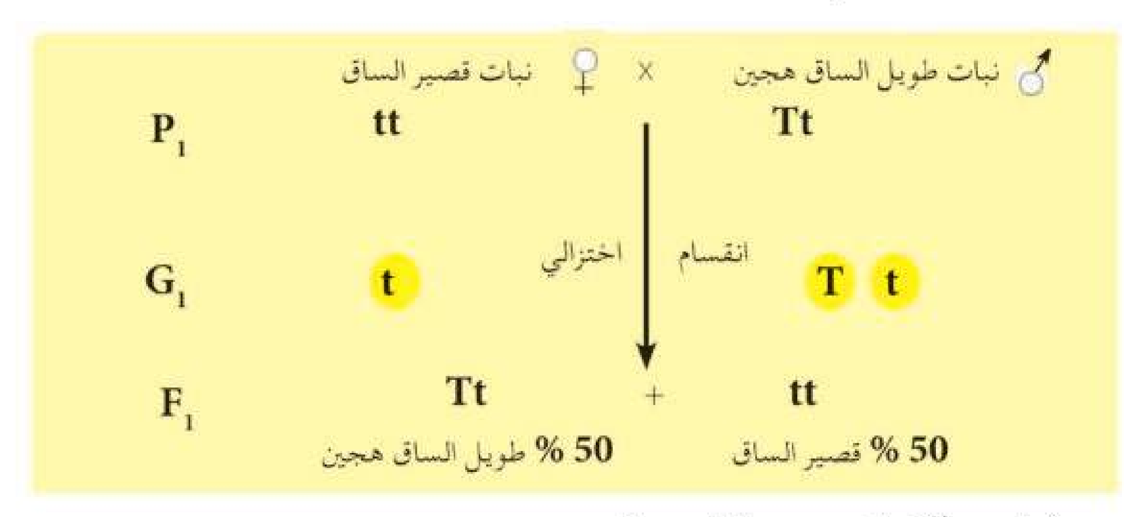
الاحتمال الاول :

عندما يكون الفرد نقي في الصفة السائدة لطول ساق نبات البزاليا ؟



الاحتمال الثاني :

عندما يكون الفرد هجين في الصفة السائدة ؟

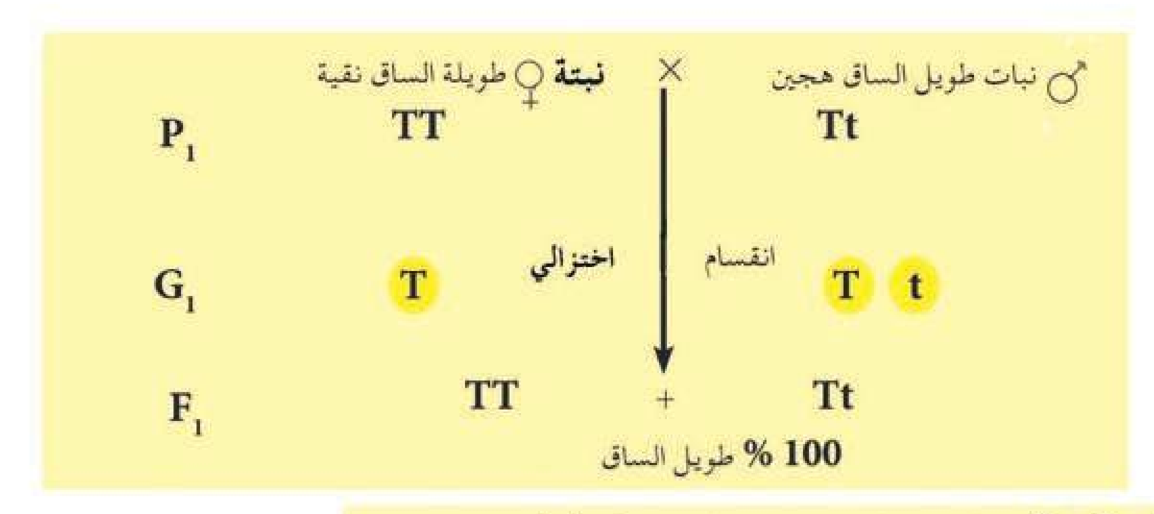


يعتبر التضريب الاختباري جزء من التضريب الرجعي .

التضريب الرجعي (Back Cross) .

هو تضريب يجرى بين افراد هجينة من الجيل الاول مع احد الابوين او مع فرد يماثل احدهما . ويمكن الرجوع الى الفقرة السابقة (7.3.5) لملاحظة ناتج التضريب مع الاب المتنحي في الصفة .

اما ناتج التضريب الرجعي مع الاب السائد النقي في الصفة **فيمكن** مشاهدته في هذا المثال



5 - 3 - 8 . التهجين الثنائي وقانون التوزيع الحر لمندل :

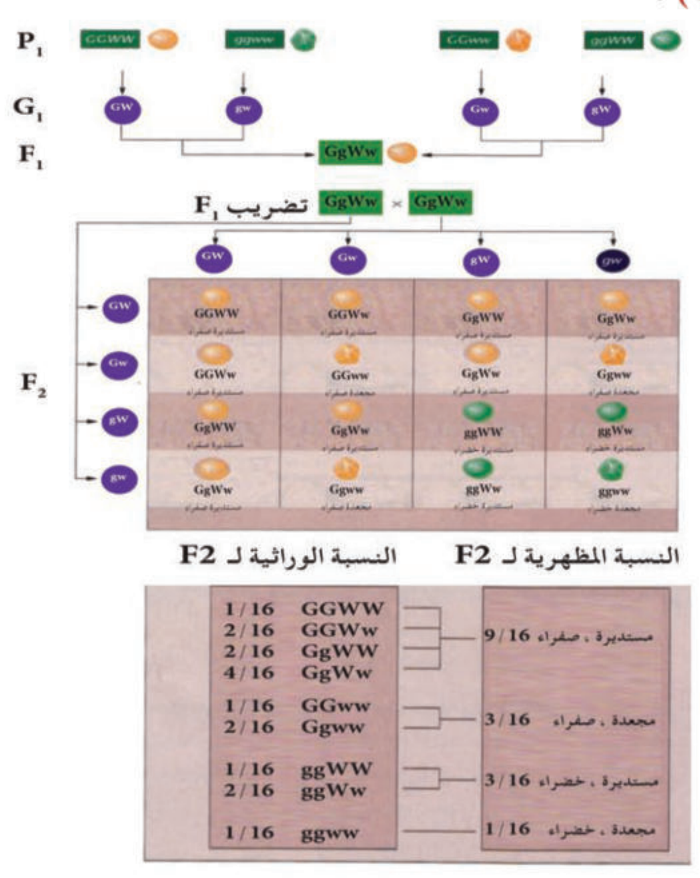
التهجين (التضريب او التزاوج) الثنائي (Dihybrid Cross) هو تهجين يتضمن زوجين من الصفات المتضادة (ggww × GGWW) . على سبيل المثال اذا لقح نبات بزاليا ذو بذور صفراء مستديرة نقية مع نبات ذي بذور خضراء مجعدة فأن جميع افراد (F_1) ستكون صفراء مستديرة وذلك لان اللون الاصفر سائد على الاخضر والبذور المستديرة سائدة على المجعدة. وعند السماح لافراد (F_1) الهجينة في صفتين (GgWw) لتتلقح ذاتياً فسنجد ان بذور افراد (F_2) ستظهر وفقاً للنسبة التقريبية 9 / 16 صفراء مستديرة و3 / 16 صفراء مجعدة و 3 / 16 خضراء مستديرة و 1 / 16 خضراء مجعدة .

اما قانون التوزيع الحر (Law of independent assortment) والذي يُعرف ايضاً بقانون مندل الثاني. لقد تم وضعه من قبل مندل وذلك ترصيناً لفرضيته الرابعة وهي (التوزيع الحر) . ينص هذا القانون

> على ان ازواج العوامل الوراثية المنعزلة تتوزع بصورة
> مستقلة عن بعضها البعض وذلك خلال عملية تكوين الامشاج .

يشترط هذا القانون بأن اي زوج من العوامل الوراثية تنعزل بصورة مستقلة عن جميع ازواج العوامل الوراثية الآخرى . وكما نعلم فأنه نتيجة لعملية الانعزال يستلم كل مشيج عامل او آليل (allele) واحد من كل زوج من العوامل الوراثية . ان اي من العاملين او الآليلين المستلمين بالنسبة لزوج واحد لايؤثر على حصيلة الانعزال لأي زوج آخر . لذا فتبعاً لهذا القانون سوف تتشكل جميع الاتحادات **المحتملة** للامشاج بتكرار متكافئ يبين الشكل (5 - 9) . توضيح للتوزيع الحر خلال تكوين افراد الجيل الثاني ، حيث ان عملية تكوين الامشاج من قبل نباتات الجيل الاول . يفترض الانعزال بأن يستلم كل مشيج اما الآليل G او g وآليل W او w . **بينما** يفترض التوزيع الحر بأن جميع انواع الاتحادات الاربعة للأليلات (GW, Gw, gW and gw) سوف تتشكل **بأحتمالات** متساوية .

ان في كل حالة اخصاب مابين افراد الجيل الاول ($F_1 \times F_1$) تمتلك كل بيضة احتمالية متكافئة لاستلام واحد من الاتحادات الاربع من كل اب . وفي حالة انتاج عدد كبير من افراد النسل فسوف يتم الحصول على النسبة 9 / 16 صُفر مستديرة و 3 / 16 صُفر مجعدة و 3 / 16 خضر مستديرة و 1 / 16 خضر مجعدة البذور . تعتبر هذه النسبة مثالية وذلك لانها مبنية على احداث الاحتمالية المتضمنة الانعزال والتوزيع الحر والاخصاب العشوائي. وقد يحصل انحراف عن هذه النسب وهذا خاضع للصدفة على نحو صارم وخاصة في الاعداد الصغيرة المتنحية من النسل لذا فأن النتائج الحقيقية نادراً ماتكون متطابقة مع النسبة المثالية . (راجع الفقرة 11.3.5) .



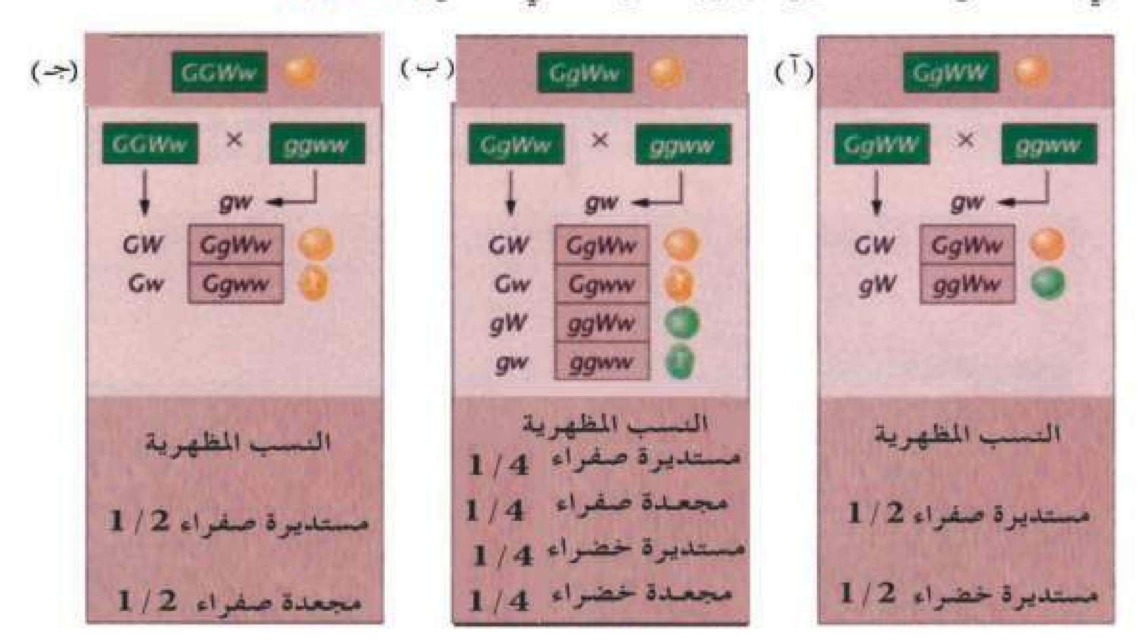
شكل (5 – 9) . مخطط للتهجينات الثنائية في نبات البزاليا .

لاحظ ان نباتات الجيل F_1 الهجينة تم تلقيحها ذاتياً وذلك لحساب النسبة المظهرية والنسبة الوراثية لافراد الجيل الثاني F_2 (للاطلاع) .

5 – 3 – 9 . التضريب الاختباري لصفتين :

يمكن ان يُطبق التضريب الاختباري على الافراد التي تحمل زوجين من الصفات السائدة المتضادة ولكن طرزها الوراثية غير معروفة (مجهولة النقاوة) على سبيل المثال الطراز المظهري لنبات ذي بذور صُفر مستديرة سائدة بالأمكان ان ينتج من الطرز الوراثية (GGWW,GGWw,GgWW,GgWw) وفي حالة تهجين نبات ذي بذور صفر مستديرة مع نبات نقي ذي بذور خضر مجعدة ggww .

(متنحي) فأن تحليل النسب المظهرية والوراثية موضحة في الشكل (5 - 10) .



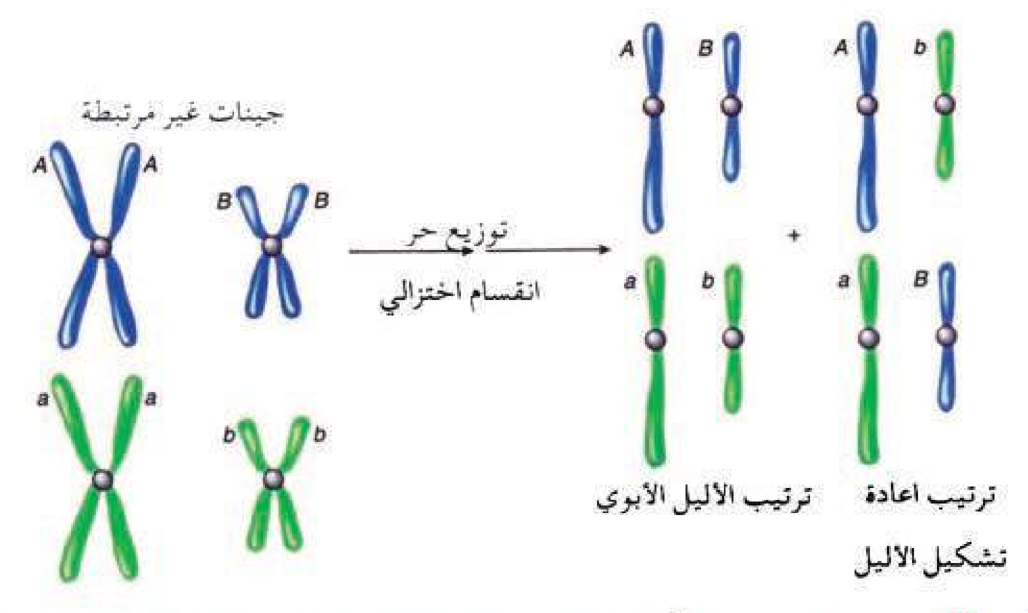
شكل (5 - 10) . نتائج التلقيح الاختباري لثلاثة افراد متشابهة مظهرياً (ذات بذور صفراء مستديرة) ولكنها مختلفة وراثياً علماً بأن صفة لون البذور مستقلة عن صفة شكلها في نبات البزاليا (للاطلاع) .

5 - 3 - 10 . تفسير نتائج مندل في ضوء معرفة وظائف الكروموسومات والجينات :

الكروموسوم : هو تركيب خيطي الشكل مركب من جزيء الـDNA المدعم بالحامض النووي الرايبوزي (RNA ‏Ribonucleic acid) والبروتين، والذي يحتوي على المعلومات الوراثية المرتبة بتسلسل شريطي وبالأمكان مشاهدته خلال عملية انقسام الخلية . اما الجين (المورث) فهو جزء من DNA الكروموسوم الذي يتحكم على الاقل في صفة وراثية محددة. وبما ان الكروموسومات موجودة على صورة ازواج متماثلة (الشكل 5 - 11) فالمورثات ايضاً موجودة على صورة ازواج كأن تكون (Aa) لصفة معينة و (Bb) لصفة اخرى وذلك فيما اذا كان الفرد هجيناً في هاتين الصفتين وهذا بالطبع يُدعم الفرضية الاولى لمندل .

وتتضح العلاقة بين سلوك الكروموسومات والجينات (المورثات) ايضاً من خلال الانقسام الاختزالي ، اذ يتسلم كل مشيج كروموسوماً واحداً من كل زوج من الكروموسومات المتماثلة وبذلك عند اتحاد تلك الامشاج اثناء عملية الاخصاب فسوف يستلم الابناء مورثاً واحداً لصفة معينة من الاب والاخر من الام .

كما ان التوزيع المستقل للكروموسومات على الامشاج خلال الانقسام الاختزالي تُدعم قانون التوزيع الحر لمندل وذلك لأن المورثات في حالة كونها غير مرتبطة (اي لاتقع على نفس الكرموسوم) سوف تتوزع أيضاً بصورة مستقلة .



شكل (5 - 11) . يبين التوزيع الحر لأليلات فرد هجين في صفتين يقع المورث المسوؤل عن كلٍ منهما على كروموسوم منفصل (غير مرتبطة) (للاطلاع) .

مثال 1 تطبيق على قانون مندل الثاني :

ذبابة فاكهة ابنوسية اللون طويلة الجناح لُقحت بذكر رمادي اللون واثري (**vestigial**) الجناح فكان جميع افراد الجيل الاول (F_1) رمادية اللون وطويلة الجناح ، علماً بأن العاملين الوراثيين لهاتين الصفتين يقعان على كروموسومين مختلفين .

آ مالطرز الوراثية للابوين ولافراد الجيلين الاول والثاني ؟

ب مالنسبة المظهرية لافراد F_2 ؟

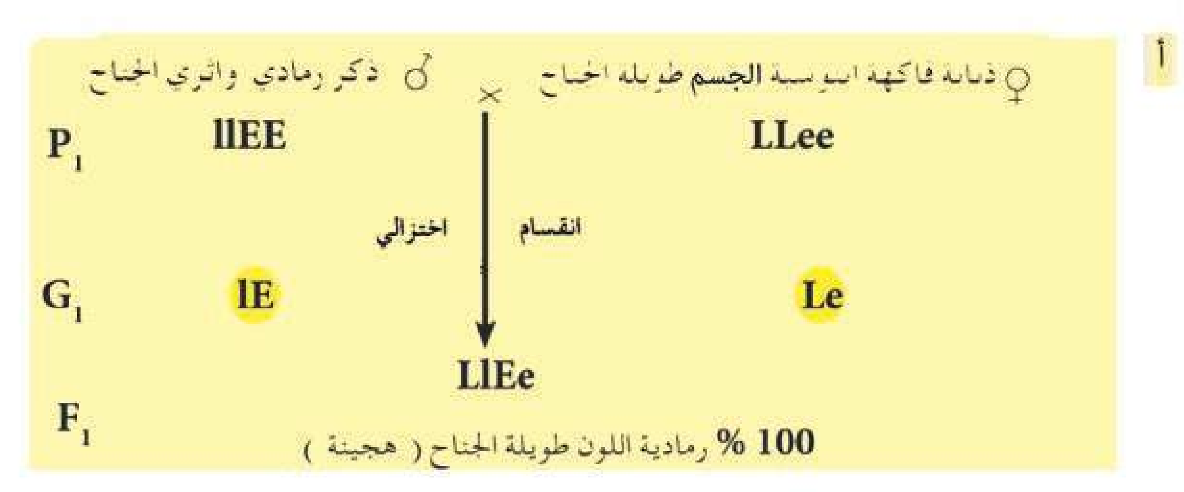
جـ مالنسبة الوراثية لافراد F_2 ؟

د بين نوعية وعدد الاتحادات الممكنة بين الامشاج ، وضح ذلك على مربع بونيت ؟

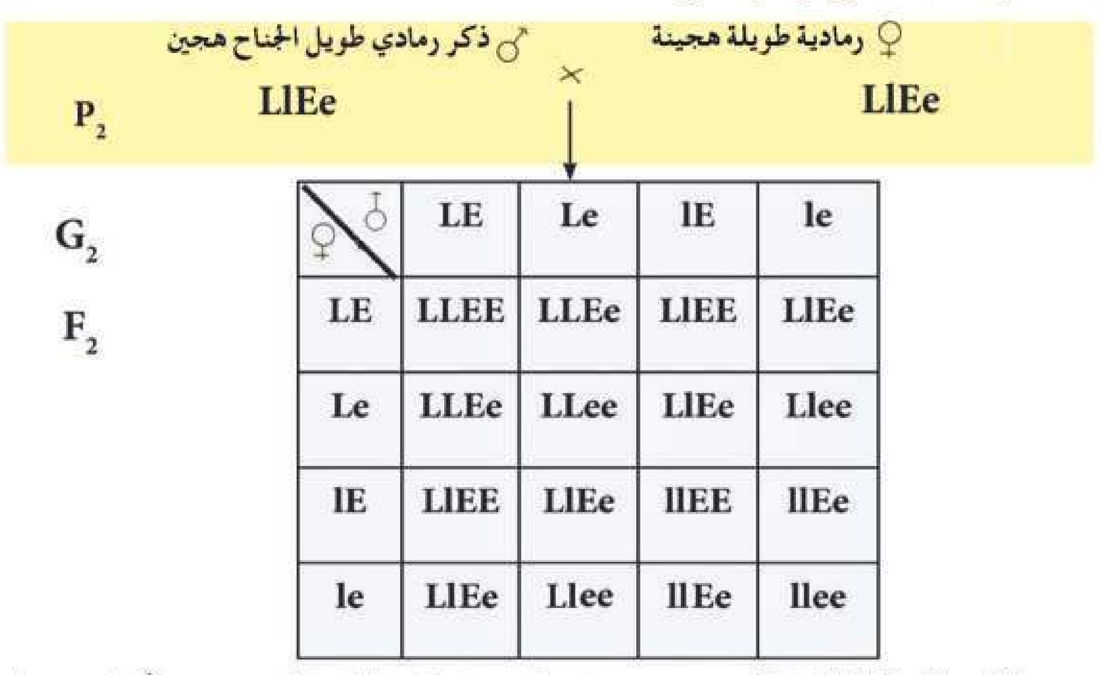
الاستنتاج والحل :

بما ان جميع افراد الجيل الاول كانت طويلة الجناح ورمادية اللون ، اذن الجناح الطويل (L) سائد على الجناح الاثري (l) ، واللون الرمادي (E) سائد على اللون الابنوسي (e) وكذلك فان الذبابة طويلة الجناح والذكر الرمادي اللون يجب ان يكون كل منهما نقياً لهاتين الصفتين . وبناء على ذلك تكون الطرز الوراثية (بالرموز) للابوين ولافراد الجيلين الاول والثاني كما يأتي :

أ



بعد ذلك يُجرى تلقيحاً لافراد F_1 وكالاتي :



♂ / ♀	LE	Le	lE	le
LE	LLEE	LLEe	LlEE	LlEe
Le	LLEe	LLee	LlEe	Llee
lE	LlEE	LlEe	llEE	llEe
le	LlEe	Llee	llEe	llee

وعند جمع الطرز الوراثية الواردة في مربع بونيت والتي تشترك بطراز مظهري معين فأننا سنحصل على النسبة المظهرية المتوقعة الآتية :

	9 رمادية طويلة	: 3 ابنوسية طويلة	3 رمادية اثرية	: 1 ابنوسية اثرية
ب النسبة المظهرية				
جـ النسبة الوراثية	1 LLEE	1 LLee	1 IIEE	1 IIee
	2 LIEE	2 LIee	2 IIEe	
	2 LLEe			
	4 LIEe			

د النسبة الوراثية 1 :2 :2 :4 :1 :2 :1 :2 :1 .

هـ عدد الاتحادات الممكنة بين الامشاج = 16 .

5 - 3 - 11 . الاحتمالات الوراثية في تجارب مندل :

الاحتمالية : هي ترجيح وقوع حدث معين بنسبة تقديرية . ويمكن التعبير عنها بعدد عشري او نسبة مئوية او عدد كسري وتتحدد بالمعادلة الآتية :

$$\text{الاحتمالية} = \frac{\text{عدد المرات التي يمكن ان يتكرر فيها وقوع الحدث}}{\text{عدد المرات التي يقع فيها الحدث}}$$

ان نسب الطرز المظهرية والطرز الوراثية في الجيل (F_2) تمثل النسب المحتملة او المتوقعة لتلك الطرز ، ولكن نسبة تلك الطرز التي يتم الحصول عليها فعلاً من تزاوج ما قد تكون مختلفة عن النسب المحتملة، ويمكننا توضيح ذلك من احدى التجارب المندلية حول صفة لون البذور (الشكل 5-5) .

لقد كان عدد البذور الصُفر السائدة في الجيل (6022) بذرة ،بينما كان عدد البذور الخضر المتنحية (2001) بذرة لذا يكون العدد الاجمالي للبذور (8023) .

وباستخدام معادلة الاحتمالية يمكننا تحديد النسبة الحقيقية للبذور الصفر في مثل هذا التهجين وكالآتي :

$$0,7506 = \frac{6022}{8023}$$

بينما تكون النسبة الحقيقية للبذور الخضر

$$0,2494 = \frac{2001}{8023} ،$$

وللتعبير عن ذلك بالنسب المئوية تكون نسبة **الاحتمال** المتوقع للبذور الصُفر 75 % ، اما التعبير عنه على صورة عدد كسري فيكون 3 / 4 ، بينما تكون نسبة **الاحتمال** المتوقع للبذور الخضر 25 % اما التعبير عنه على صورة عدد كسري فيكون 1 / 4 ، كذلك يمكن التعبير عن الاعداد الكسرية بصورة نسب مثلاً النسبة 3 : 1 تمثل **الاحتمال** نفسه الذي يمثله العدد الكسري 3 / 4 و 1 / 4 على التوالي . ان هذا يعني وجود ثلاث فرص من اصل اربع ، اي انه في كل مرة يعطي ابوان هجينان فرداً، يكون **احتمال** حمله للصفة السائدة، 3 / 4 ، ونجد **احتمال** حمله للصفة المتنحية 1 / 4 . وعند الرجوع الى النسب الحقيقة المتحصل عليها في هذا المثال وكذلك في التجارب الاخرى لمندل والواردة في (الشكل 5 - 5) .

غالباً مانشاهد وجود اختلاف بين النسبة الحقيقية المستحصل عليها في الحقل والنسبة المتوقعة وهذا قد يُعزى الى التجربة كأن تكون متعلقة بعدم توفر فرص متساوية للامشاج عند عملية التلقيح وكذلك عدم توفر فرص متساوية لعاملي الفرد الهجين (Gg) من الانعزال بصورة متكافئة على الامشاج .

اما عندما نتعامل مع صفتين او اكثر والتي تتوارث بصورة مستقلة عن بعضها (راجع الفقرة 8.3.5) فيمكننا التنبأ بجميع التكرارات **المحتملة** للطرز المظهرية في الجيل الثاني من خلال تطبيق قانون حاصل الضرب للاحتمالات والذي يشير الى انه عندما يوجد حدثان مستقلان بصورة تلقائية فأن **الاحتمالية** المركبة لحصيلة الاثنين تساوي حاصل ضرب حدوث **احتمالات** افرادها .

5-4. الوراثة مابعد مندل .

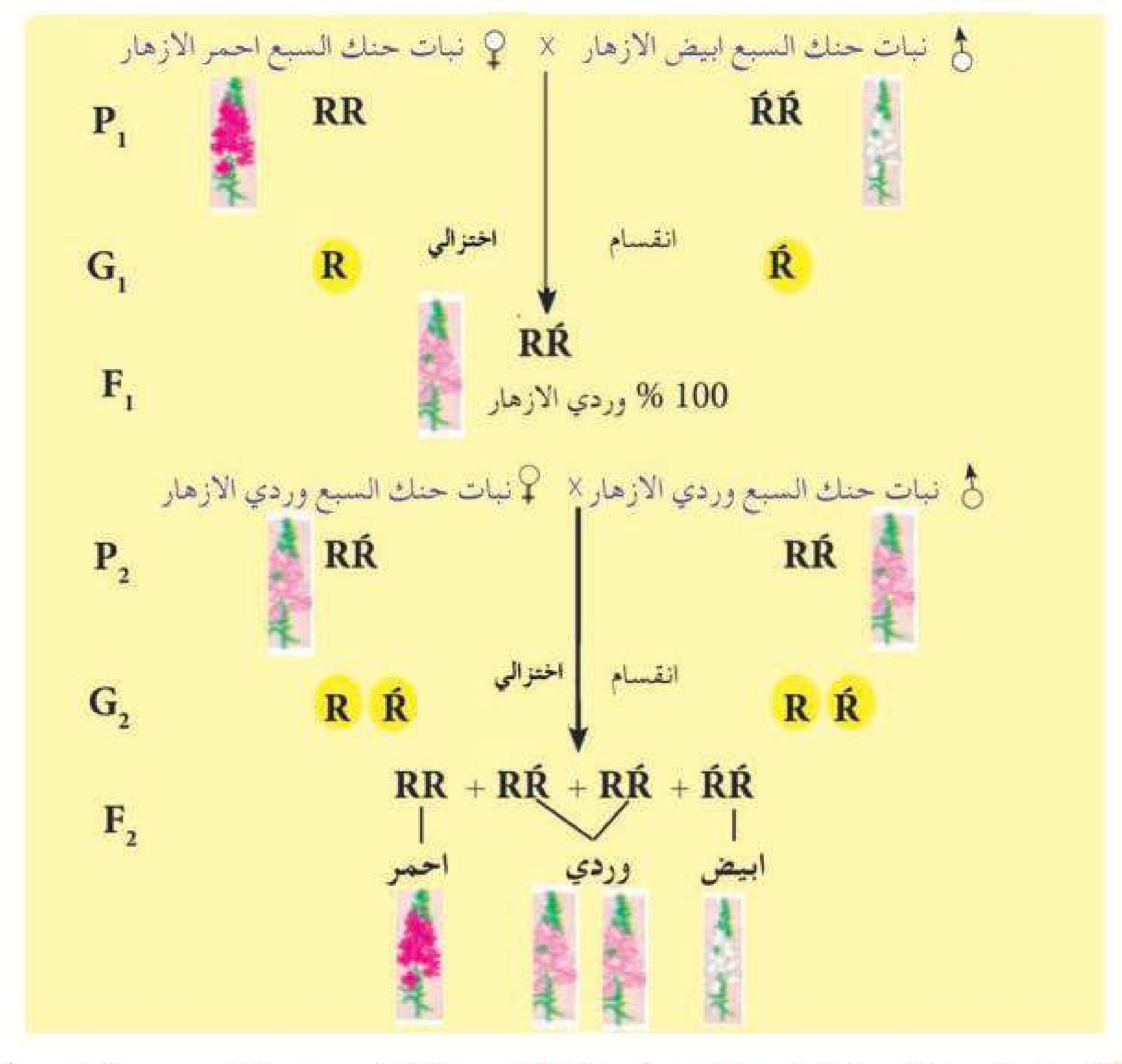
بعد اعادة اكتشاف تجارب مندل عام (1900م) ، حصل توسع في دراسة العديد من الصفات الاخرى وفي انواع مختلفة من الكائنات الحية ، وذلك لمعرفة مدى انطباق قوانين مندل على وراثة تلك الصفات وهل توجد استثناءات عن ذلك ؟

لقد تبين فعلاً بأن المعلومات الوراثية المشاهدة لبعض الصفات لاتتفق بالضبط مع النسب المندلية المتوقعة ، ولذا تم اعطاء فرضيات لتفسير تلك التحورات ، آخذين بنظر الاعتبار كون ان الطرز المظهرية لبعض الصفات قابلة للتغير بطرق مختلفة حسب نوعية عواملها الوراثية والبيئية **وفيمايلي** بعض الامثلة عن نوعية هذه الصفات . والتي قد يطلق عليها في بعض المصادر بالصفات اللامندلية .

5 - 4 - 1 . الصفات التي تتحور عن النسبة المندلية 1 : 3 .

أ السيادة غير التامة (Incomplete dominance) وفيها يكون الطراز المظهري للفرد الهجين مختلفاً عن طرز الابوين حيث يتخذ طرازاً وسطاً بينهما ، اي بين الطرازين المظهريين لصفتين متضادتين نقيتين بسبب اختلاط تعبير الآليلين لهاتين الصفتين . وهذه الحالة تعتبر مختلفة عن حالة السيادة التامة للصفات التي درسها مندل .

ومثال على ذلك مايحدث عند تلقيح نبات حنك السبع احمر الازهار **RR** مع نبات ابيض الازهار **ŔŔ** فظهرت نباتات الجيل الاول وردية الازهار **RŔ** . وعند اجراء التلقيح الذاتي لافراد الجيل الاول F_1 كانت نباتات الجيل الثاني بالنسبة المظهرية **ŔŔ1 : RŔ2 : RR1** بيضاء ، وردية ، حمراء الازهار على التوالي وهي مماثلة للنسبة الوراثية وكما موضح ادناه .



ب السيادة المشاركة (المواكبة) (**Codominance**) هي الحالة التي يتم فيها التعبير عن الأليلين معاً في الطراز المظهري للفرد الهجين . ففي هذا النوع من السيادة لايحدث اي اختلاط بين الأليلين في الطراز المظهري ، كما ان أياً منهما لايكون سائد او متنحياً .

مثال (1)

عن مجاميع الدم **A , B , AB** في الانسان : ان هذه المجاميع يحددها العاملان I^A و I^B وهما يمثلان مستضدين **Antigens** يوجدان ضمن غشاء خلايا الدم الحمر . ان الطراز الوراثي لفرد ينتمي الى مجموعة الدم **AB** هو $I^A I^B$ ، اذ لايسود اي من الاليلين I^A و I^B على الاخر ، وبالطبع فأن خلايا الدم **AB** تحمل كلا المستضدين **A** و **B** في اغشيتها . وعند زواج اباء يحمل كل منهما الطراز الوراثي $I^A I^B$ فمن المحتمل الحصول على اطفال بالنسبة المظهرية والوراثية الاتية :

I^AI^A1 : I^AI^B2 : I^BI^B1

A AB B

مثال (2)

عن نظام الدم MN في الانسان : ان الفرد ذو مجموعة الدم M M يمتلك المستضد M في حين ان الفرد ذا مجموعة N يمتلك المستضد N اما الفرد ذو مجموعة الدم MN فيمتلك كلا المستضدين M و N في غشاء خلايا الدم الحمر لذا فعند زواج اباء ذي تركيب وراثي L^ML^N . فمن المحتمل حصولهم على اولاد بالنسبة الوراثية الاتية :

L^ML^M 4/1 : L^ML^N 2/1 : L^NL^N 4/1

لقد استخدم الرمز L نسبة للعالم لاندشتاينر (Landsteiner) مكتشف مستضدي هاتين المجموعتين واللتين هما نوعان من جزيئات الكلايكوبروتين (Glycoprotein) .

مثال (3)

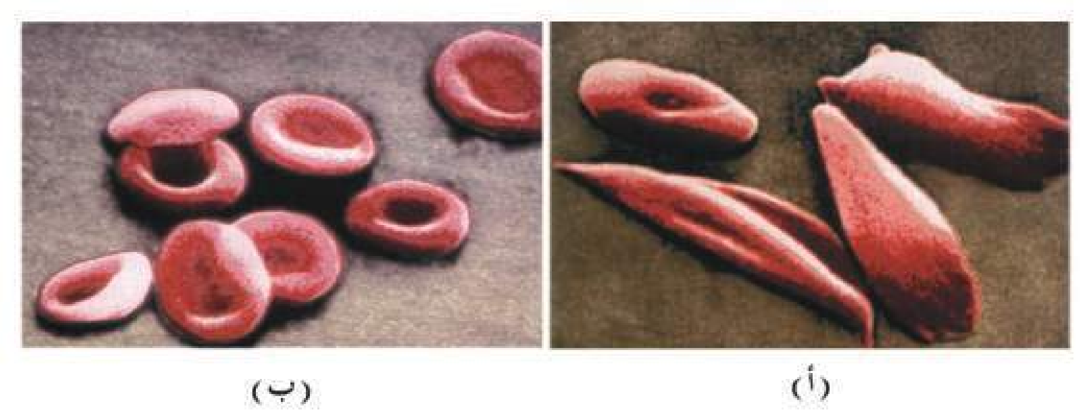
عن لون الشعر في بعض سلالات الماشية ذات القرون القصيرة Short horns : يوجد آليلان (حليلان) يتحكمان بلون الشعر احدهما مسؤول عن ظهور اللون الاحمر C^R والاخر مسؤول عن ظهور اللون الابيض C^W ، حيث ان C من Color اي لون و R من Red اي احمر و W من White اي ابيض . وعند تضريب فردين احدهما احمر والاخر ابيض الشعر فأن جميع افراد الجيل الاول تكون "غبارية" اي ذات شعر احمر مبيض وبالفحص الدقيق وجد ان هذا اللون هو خليط من شعر بعضه احمر والبعض الاخر ابيض. وعند اجراء تزاوج مابين افراد الجيل الاول، تم الحصول على النسبة المظهرية والوراثية الآتية في الجيل الثاني :

C^RC^R1 احمر : C^RC^W2 غباري : C^WC^W1 ابيض

جـ الآليلات المميتة (Lethal alleles) الآليل المميت هو الذي يؤدي تعبيره الى هلاك الفرد الذي يرثه بصورة نقية سائدة في بعض الحالات او بصورة متنحية في حالات اخرى ومن الامثلة على هذه الآليلات مايأتي :

مثال (1)

آليل فقر الدم المنجلي (Sickle - cell anaemia) يرجع هذا المرض الوراثي الى آليل طافر متنحي Hb^s يؤثر على نوعية خضاب الدم Hb (الهيموكلوبين) فيصبح من النوع الشاذ (هيموكلوبين S) ، وكذلك يؤثر على شكل خلايا الدم الحمر حيث تصبح منجلية الشكل .



شكل (5 – 12) . مقارنة شكل خلايا الدم الحمر في افراد مصابين بفقر الدم المنجلي (آ) وافراد اصحاء (ب) (للاطلاع) .

يتضح مما تقدم بأن هذا الآليل المميت يكون ذو تأثير متعدد (Pleiotropic) . وفيما يلي جدول يبين الطراز الوراثي والمظهري للنسل الناتج من التزاوج بين ابوين كلايهما هجين لآليل فقر الدم المنجلي .

الطراز الوراثي	Hb^AHb^A	Hb^AHb^s	Hb^sHb^s
الطراز المظهري	سليم	حامل للمورثة (الاليل)	يموت بعد عمر المراهقة

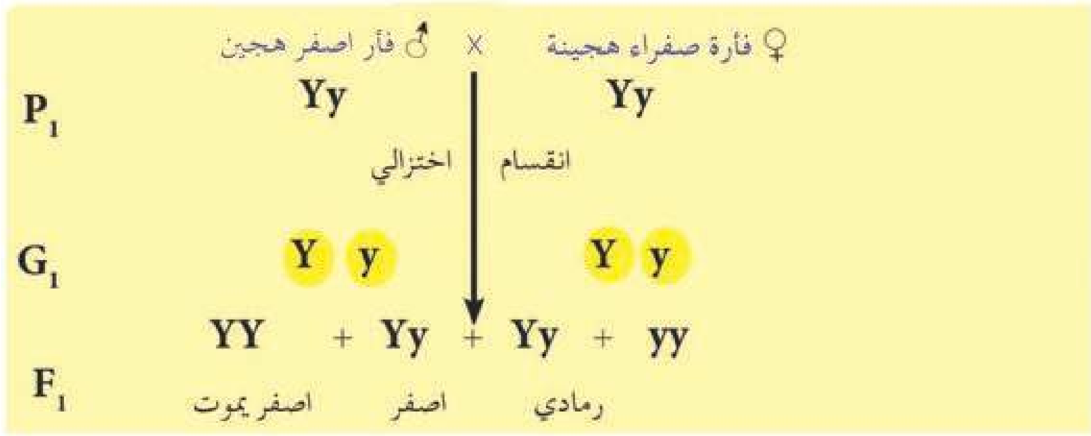
مثال (2)

آلاليل السائد للدجاج الزاحف : يظهر هذا النوع من الدجاج في حالة وجود الأليل السائد المميت (C) مع الأليل العادي (c) . وهي لاتستطيع السير بصورة اعتيادية بسبب قصر والتواء الارجل . اما الافراد النقية في هذا الجين (CC) فهي عادة تموت . وفيما يلي مثال عن تزاوج اباء زاحفة :

	♀ دجاجة زاحفة	×	♂ ديك زاحف
P_1	Cc		Cc
		انقسام اختزالي	
G_1	C c		C c
F_1	CC + Cc + Cc + cc		
	اعتيادي (cc)	زاحف (Cc)	ميت (CC)

مثال (3)

الأليل السائد للفئران الصفراء : وهذه تشبه الحالة السابقة فعند تضريب فئران صفراء هجينة مع بعضها ينتج موت ربع الاجنة الصفراء والتي هي نقية في الأليل المميت **YY** مما يؤدي الى تحوير النسبة المظهرية **3 : 1** الى **2 / 3** صفراء هجينة : **1 / 3** رمادية . اذن الفئران الصفراء تكون دائما هجينة اي حاملة للجين المميت ولكنها غير متأثرة به . وللجين المميت اهمية في **تصميم** بعض التجارب الوراثية **وفيمايلي** تضريب لفردين هجينين لهذا الأليل المميت .



ومن الامثلة الاخرى عن الجينات المميتة ذات التأثير المظهري السائد هي صفة منفرج الجناحين في حشرة ذبابة الفاكهة وصفة انعدام الشعر في الكلاب المكسيكية .

5-4-2. النفاذ الجيني : Penetrance and Expressivity

النفاذ الجيني : **هو احتمالية فرد يرث آليل ما ويمتلك الطراز المظهري الذي له علاقة بذلك الآليل .**

على سبيل المثال الآليل المتنحي الذي يسبب التليف الحوصلي (**Cystic fibrosis**) ذو نفاذية تامة حيث ان (**100 %**) من الافراد النقيين (**cc**) يتكون لديهم هذا المرض . وكذلك ان الآليل السائد لأمتلاك اصابع اضافية (**Polydactyl**) في اليدين او القدمين هو ذو نفاذية غير تامة وذلك لأن بعض الافراد الذين يرثون هذا الآليل يمتلكون عشرة اصابع اعتيادية ،**بينما** آخرين يمتلكون اكثر من ذلك .

اما التعبيرية :- فهي تعني وجود اليل بامكانه انتاج مدى متغاير من الطرز المظهرية .

ومثال على ذلك الحشرات النقية للجين المتنحي لطفرة انعدام العين (**eyeless**) تعطي طرز مظهرية يتراوح مداها مابين وجود العيون الاعتيادية الى اختزال جزئي في حجم العيون الى انعدام احدى او كلا العينين .

5-4-3. الوراثة والبيئة (Genetics and Environment) .

للكائن الحي صفاته الخاصة به والتي يرثها من ابويه حيث يمكن تحديد صفاته المظهرية من خلال دراسة صفات ابويه وتحليل مورثاتها، ولكن هذا التحديد لايمكن ان يكون دقيقاً وذلك لأن المورثات تحدد مايمكن ان يكون عليه الكائن وليس ماسيكونه فعلاً لأن بعض الصفات المظهرية تعتمد على العوامل الوراثية والبيئية والتآزر (التداخل) بينهما . وهناك عدد من الحالات تبين ان تأثير المورثات يتحدد بالعوامل البيئية المختلفة سواء اكانت هذه العوامل محيطة بالكائن الحي ام داخله ولتوضيح ذلك نورد الامثلة الآتية :

مثال (1)

تتأثر المورثات المسؤولة عن شكل الجسم في الانسان بنوعية طعامه : فالسمنة والنحافة لهما اسس وراثية ولكن السيطرة على وزن الجسم تتأثر الى حد كبير بكمية الطعام وعوامل اخرى.

مثال (2)

تأثير نوعية الغذاء كعامل بيئي على المورث المسؤول عن بناء لون الشحم في الارانب : يرجع بناء الشحم الاصفر في الارانب إلى مورث متنحي (y) علماً بأن الارانب الحاوية على الطراز الوراثي (yy) تعاني من نقص انزيمي وبذلك تصبح غير قادرة على هدم الصبغة الصفراء الموجودة في الجزر وفي نباتات اخرى ، لذا حين تتغذى تلك الارانب على نباتات حاوية على الصبغة الصفراء فأن تلك الصبغة سوف تظهر في شحومها . اما اذا تغذت الارانب على نباتات خالية من الصبغة الصفراء فأن شحومها ستكون بالطبع بيضاء على الرغم من ان الطراز الوراثي (yy) لم يتغير بل تغير الطعام فقط . للارانب الاخرى التي لاتحمل مورث الشحم الاصفر بحالتها النقية (YY) او الهجينة (Yy) القدرة على تجزئة الصبغة الصفراء وبذا ستكون شحومها بيضاء على الرغم من انها اقتاتت على طعام غني بالصبغة الصفراء .

5-4-4. تداخل الفعل الجيني (Gene Interaction) .

هو انتاج طرز مظهرية جديدة بوساطة تداخل الآليلات لجينات مختلفة . وهناك نوعان من التداخل

اولاً التداخل الجيني الذي يؤدي الى حصول تغيير في النسبة المظهرية المتوقعة ومثال على ذلك التفوق (Epistasis) والذي هو تداخل غير عكسي بين الجينات كوجود جين معين يتداخل في او يمنع تعبير جين اخر . ان جين اللون الابيض W للثمرة في نبات القرع (Squash)(شكل 5 – 13) متفوق على جين اللون الاصفر للثمرة Y .

وعند تهجين سلالة بيضاء **WWYY** باخرى خضراء **wwyy** الثمرة كان افراد الجيل الأول ابيض الثمار . اما في الجيل الثاني فظهرت النسبة **12** بيضاء: **3** صفراء : **1** خضراء تبين هذه النسبه بأن الابوين مختلفان في زوجين من الجينات وان الأب ذو الثمرة البيضاء يحمل جين اللون الاصفر الذي لم يظهر اثره لوجود جين اللون الابيض المتفوق عليه . ويمكن توضيح كيفية الحصول على النسبة المظهرية والنسبة الوراثية من خلال استخدام مربع بونيت وكالآتي :



شكل (**5 - 13**). يظهر مختلف الوان الاثمار في نبات القرع .

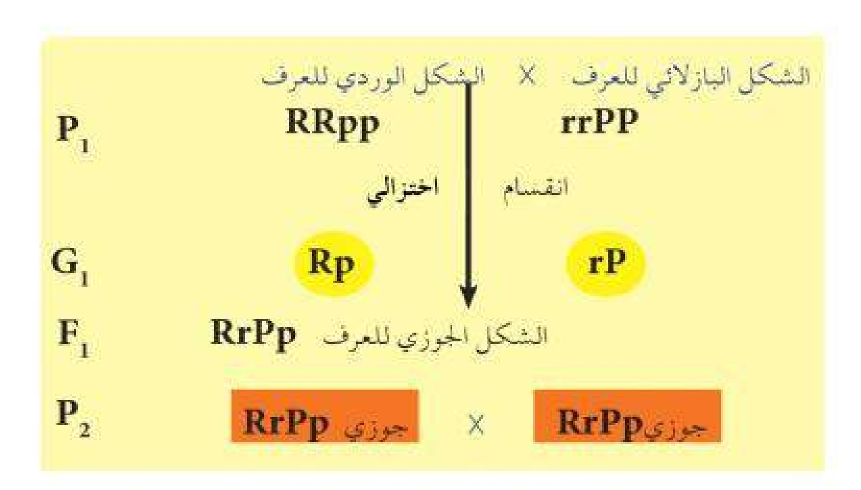
	نبات ذو ثمار بيضاء	×	نبات ذو ثمار خضراء
P_1	WWYY		wwyy
	اختزالي	انقسام	
G_1	WY		wy
F_1		WwYy	
P_2	WwYy		WwYy

G_2 ♀ \ ♂	WY	Wy	wY	wy
WY	WWYY بيضاء	WWYy بيضاء	WwYY بيضاء	WwYy بيضاء
Wy	WWYy بيضاء	WWyy بيضاء	WwYy بيضاء	Wwyy بيضاء
wY	WwYY بيضاء	WwYy بيضاء	wwYY صفراء	wwYy صفراء
wy	WwYy بيضاء	Wwyy بيضاء	wwYy صفراء	wwyy خضراء

(F_2)

ثانياً التداخل الجيني الذي لايؤدي الى حصول تغيير في النسبة المظهرية المتوقعة غير ان افراد الجيل الاول تمتلك صفة جديدة لاتشابه بها اي من الابوين ، اما افراد الجيل الثاني **فتمتلك** صفتين جديدتين غير موجودة في الاجداد ومثال على هذه الحالة هي شكل العرف (**Comb**) في الدجاج ، فالشكل الوردي **Rose** للعرف يرجع الى الجين **R** والذي يسود على آليله **r** للعرف المفرد (**single**)

والشكل البازلائي Pea للعرف يرجع الى جين P والذي يسود على آليله p للعرف المفرد ايضاً. وعند تضريب اباء وردية مع بازلائية واللذين كليهما نقيين ظهر طراز جديد في الجيل الاول وهو العرف الجوزي Walnut. وعند تضريب افراد F_1 مع بعضها ظهر في F_2 الطرازين الجديدين (الجوزي والمفرد)، اضافة الى طرازي الاجداد وكالآتي:



وبالطبع تكون النسبة المظهرية لافراد الجيل الثاني كالاتي :-

	جوزي	وردي	بازلائي	مفرد
F_2	9 R – P – :	3 R – pp :	3 rrP – :	1 rrpp






5-4-5. الآليلات المتعددة (Multiple alleles).

هي وجود بدائل او حلائل او آليلات مختلفة لنفس المورثة تحدث نتيجة لعملية الطفرة الحاصلة في جزيء المادة الوراثية DNA والتي تؤدي الى حصول تغاير في المظهر، علماً بأنها تحتل نفس الموقع الوراثي على الكروموسوم المعين. ومن الامثلة على الصفات متعددة الآليلات مايأتي :

مثال (1) نظام ABO في الانسان :

تتحكم بهذا النظام ثلاثة آليلات على الاقل وهي I^A , I^B , i فكما نعلم بأن الآليلين I^A , I^B ذات سيادة مواكبة فيما بينهما ولكن كل منهما سائد على الآليل المتنحي i . يتحكم الآليلان I^A , I^B في تكوين شكلين مختلفين من انزيم معين يتسببان في ظهور جزيئين مختلفين من المستضد (انتجين) Antigen على سطح خلايا الدم الحمر . اما الآليل i فأنه لا يؤدي الى تنشيط اي من شكلي الانزيم ولهذا لن يظهر اي من المستضدين كما في الجدول (5 - 2) . لاحظ ان الفرد الذي يرث اليلين من i تكون فصيلة دمه O .

الجدول (5 - 2) . يبين كيف ان الآليلات الثلاثة يمكن ان تتقابل على شكل ازواج وذلك لانتاج اربع طرز من مجاميع الدم.

الطراز المظهري (مجموعة الدم) Blood Grop	المستضد على سطح الكرية الحمراء Antigen	الطراز الوراثي Genotype
A	A	I^AI^A او I^Ai
B	B	I^BI^B او I^Bi
AB	B , A	I^AI^B
O	ــــــ	ii

نقل الدم (Blood Transfusion) .

بداية يجب تعيين فصيلة الدم ABO والعامل الريسي Rh لكل من الواهب Donor والمستلم Recipient وذلك لان خلايا الدم الحمر لبعض الاشخاص قد تتكتل بصورة واضحة وذلك عند خلطها بمصل دم اشخاص آخرين . هذا مالاحظه لاندشتاينر Landsteiner عام 1900م .

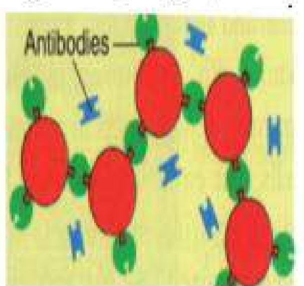
وان اساس هذا التجمع هو التفاعل الناتج بين ماتحمله خلايا الدم الحمراء على سطحها من مستضدات Antigens ومايحويه مصل الدم Serum من اجسام مضادة Antibodies ، علماً بأن العلاقة بينهما موضحة في الجدول (5 - 3) .

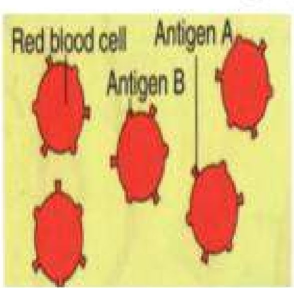
لقد تم الاشارة الى المستضدات في هذا الجدول بالحرفين الكبيرين A و B فيما اشير الى الاجسام المضادة بالحرفين الصغيرين (a و b) .

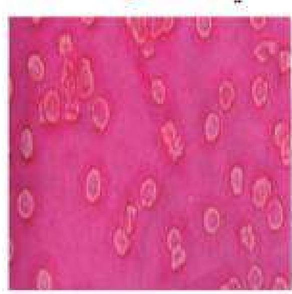
جدول (5 - 3) . يبين مجاميع الدم والمستضدات والاجسام المضادة .

مجموعة الدم	المستضدات على سطح خلايا الدم الحمر	الجسم المضاد في المصل
A	**A**	جسم مضاد **b** للمستضد **B**
B	**B**	جسم مضاد **a** للمستضد **A**
AB	**B** و **A**	ــــ
O	ــــ	جسم مضاد **a** للمستضد **A** جسم مضاد **b** للمستضد **B**

وعلى ضوء المعلومات الواردة في الجدول اعلاه يمكن تبيان التوافق او عدم التكتل (التجلط) بين الواهب والمستلم في نقل مجاميع الدم ABO وكذلك عدم التوافق (حدوث التجلط) بينهما في (الشكل 5 - 14)





عدم توافق في مجاميع الدم (تجلط)

المستلم	الواهب
B , O	A
A , O	B
A , B , O	AB

توافق في مجاميع الدم (عدم التجلط)

المستلم	الواهب
O , A , B , AB	O
A , AB	A
B , AB	B
AB	AB

الشكل (5 - 14) . يبين كيف ان الوراثة قد وضحت التوافق وعدم التوافق في نقل مجاميع الدم ABO (للاطلاع) .

مثال (2) مستضدات العامل الريسي (Rh Antigens) :

وهي من المستضدات الاخرى التي توضح الآليلات المتعددة . لقد تم اكتشافها من قبل العالمين لاندشتاينر وواينر Weiner عام 1940م واعطيت قدر كبير من الاهتمام وذلك لعلاقتها المباشرة بظهور حالة فقر الدم (اليرقان) لبعض الاطفال المولودين حديثاً والمسماة Erythroblastosis fetalis . ولهذا السبب يتم فحص مجاميع الدم ABO والـRh للمقبلين على الزواج وذلك لاستبعاد ظهور هذا المرض في اطفالهم. ولأخذ الاحتياطات اللازمة لذلك .

قد يصاب بهذا المرض الاجنة ذو (Rh^+) الموجبة واللذين امهاتهم ذات (Rh^-) سالبة وابائهم ذا (Rh^+) وبالطبع قد منح الاب هذا الآليل الى الجنين وذلك لان (Rh^+) هو سائد على (Rh^-) وقد اصبح الجنين ذا طراز وراثي هجين (Rhrh) . ان هذا الاتحاد الوراثي ينتج عدم توافق مناعي كامن بين الام وجنينها . واذا صادف جريان دم الطفل خلال مشيمة مُعابة (لعيب المشيمة اساس وراثي) ودخل الى الدورة الدموية للام فأن النظام المناعي لتلك الام سوف يشخص مستضدات Rh كاجسام غريبة وبذا يقوم ببناء اجسام مضادة تجاهها

اما في الحمل الثاني فسوف يرتفع تركيز هذه الاجسام المضادة داخل الام وعندما تمر تلك الاجسام خلال المشيمة فانها بالطبع تدخل الدورة الدموية للجنين وتبدأ بتفتيت خلايا الدم الحمر للجنين والتي تسبب فقداً للهيموكلوبين ثم الاصابة بفقر الدم المسمى محلياً (ابو صفار) . ان حوالي 10 % من مجموع حالات الحمل البشرية تشير الى عدم التوافق في الـRh ، وعلى كل حال ولاسباب عديدة فأن اقل من 0.5 % في الحقيقة تنتج فقر الدم . وعادة ماتعطى الامهات غير المتوافقة وبعد الولادة مباشرة مادة مضادة لـ Rh(Anti-Rh) وذلك حال وضعها لطفل ذي Rh^+ . ان هذا المضاد يحطم اي خلايا من نوع (Rh^+) والتي تسربت الى الدورة الدموية للام ولهذا سوف لايكون بمقدورها انتاج الاجسام المضادة للمستضد Rh الخاص بها .

وراثة نظام الـRh :

ان الابحاث الوراثية الاولية قادت الى الاعتقاد بأنه في سكان البشر يوجد فقط حليلان او آليلان تسيطر على وجود او غياب المستضد . لقد افترضوا بأن آليل Rh يعين وجود المستضد على سطح الكرية الحمراء ويسلك كمورث سائد . وان الآليل rh يؤدي الى غياب المستضد .

لقد وجد بأن خلايا الدم الحمر لحوالي 85 % من سكان مدينة نيويورك تحتوي على المستضد اي ذو (Rh^+) في حين ان النسبة 15 % المتبقية لاتحتوي على المستضد اي ذو (Rh^-) .

اما في مدينة البصرة[1] فلقد وجد عام 1976م بأن 93 % من العينة المدروسة ذي(Rh^+) و 7 % ذي (Rh^-) وتبين بان الطراز السالب يقل في المجتمعات الشرقية ربما بسبب الانتخاب ضد الآليل السالب[2]. ونتيجة لادخال تحسينات على الفحوصات اللازمة لتعيين وجود المستضد . اصبح واضحاً بأن الوراثة التي تسيطر على مستضد Rh هي بالاحرى اكثر تعقيداً مما كان متوقعاً في السابق.

لقد افترض العالم واينر لاحقاً بأن هناك سلسلة من الآليلات المتعددة في موقع منفرد للـRh والتي يجب ان تؤخذ بعين الاعتبار لهذه التغايرات .

من جهة اخرى افترض العالمان فيشر Fisher و ريس Race بأن هناك نوعاً بديلاً من التوريث يتضمن ثلاثة من المورثات المتقاربة والمرتبطة وهي E , D , C وكل واحد منها يضم آليلين تكون مسؤولة عن وراثة عوامل الـ Rh . ان المصطلح ارتباط Linkage يستخدم لوصف الجينات الواقعة على نفس الكروموسوم والذي هو الزوج الاول من الكروموسومات الجسمية بالنسبة لهذه المجموعة ويمكن للطالب اتباع الجدول الاتي والمبسط في حل المسائل الوراثية والمتعلقة بـ Rh .

الطراز المظهري	الطراز الوراثي
Rh^+	RhRh أو Rhrh
Rh^-	rhrh

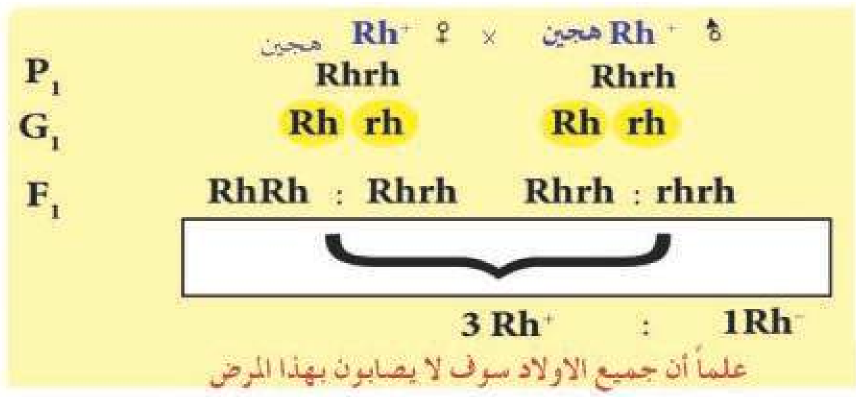
مثال عن مجموعة الدم Rh :

رجل تسلسل ولادته الاول في العائلة ذو مجموعة (Rh^-) كان والده ذو (Rh^+) ايضاً ولكن والدته كانت ذات (Rh^-) . تزوج هذا الرجل من امرأة ذات (Rh^-) ولكن والدها كان ذا (Rh^-) . تنبأ بمجموعة الدم Rh لأولاده الناتجين . مع بيان عدد اولاده الذين سوف لايصابون بمرض اليرقان .

الاستنتاج :

1 بما ان والد الرجل ذو (Rh^+) ووالدته (Rh^-) . اذن الرجل هجين Rhrh .

2 بما ان المرأة ذات (Rh^+) ووالدها (Rh^-) اذن هي ايضاً هجينة Rhrh .



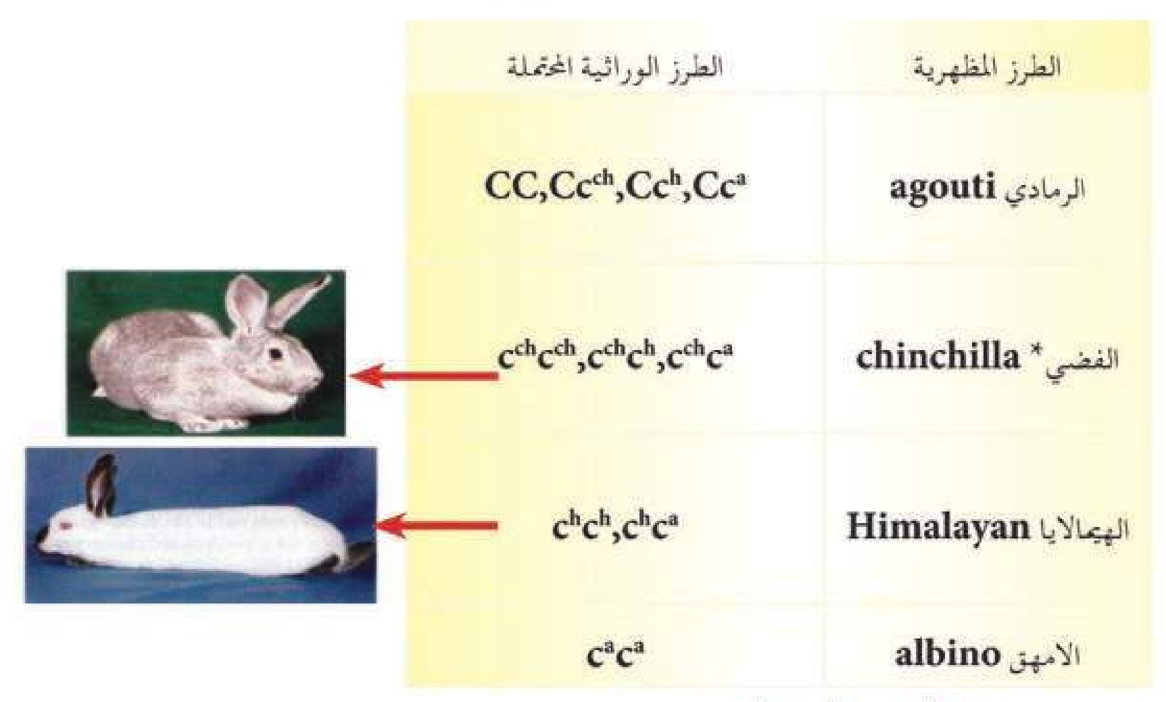
مثال (3)

سلسلة آليلات لون الفراء في الارنب :

يعتبر لون الفراء مثال تقليدي عن الآليلات المتعددة او المتضاعفة، حيث يمكن ملاحظة تأثير الآليل على الطراز المظهري بصورة مباشرة وبالعين المجردة، وبدون الحاجة الى استخدام اي تقنية لتوضيح ذلك حيث يتحكم بلون الفراء اربعة آليلات مختلفة على الاقل وهي (C ، c^{ch} ، c^{h} ، c^{a})، علماً بأن الاليل (C) هو المسؤول عن اللون الرمادي (agouti) او البري (wild) ويسود هذا الاليل سيادة تامة على كافة الاليلات الثلاثة المتبقية (c^{ch} ، c^{h} ، c^{a}) . اما الاليل (c^{ch}) فيسود بدوره على كل من الاليلين (c^{h} ، c^{a}) . في حين ان الاليل c^{h} يسود على الاليل (c^{a}) . لذا فأن ترتيب السيادة بالنسبة لهذه الاليلات يكون كالآتي :

($c > c^{ch} > c^{h} > c^{a}$) (الجدول 5 - 4) .

جدول (5-4) . الطرز المظهرية والوراثية لالوان الفراء في الارانب .

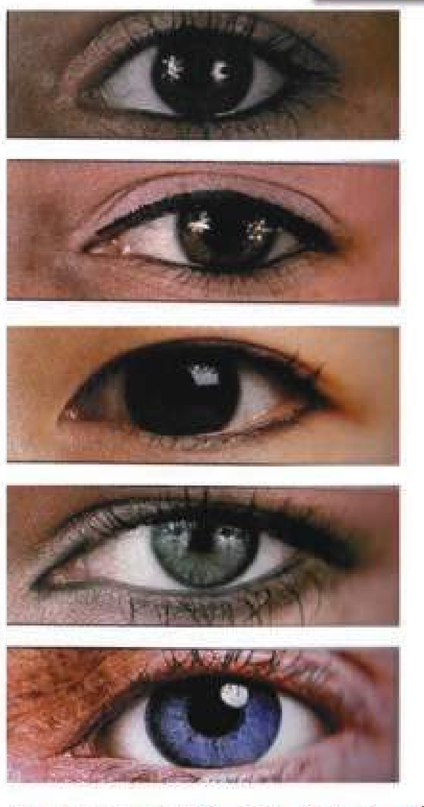


الطرز المظهرية	الطرز الوراثية المحتملة
الرمادي **agouti**	$CC, Cc^{ch}, Cc^{h}, Cc^{a}$
الفضي * **chinchilla**	$c^{ch}c^{ch}, c^{ch}c^{h}, c^{ch}c^{a}$
الهيمالايا **Himalayan**	$c^{h}c^{h}, c^{h}c^{a}$
الامهق **albino**	$c^{a}c^{a}$

لذا فعندما c^{a} و c^{ch} وبين c^{ch} و c^{h} دعي بعض المصادر بان هناك سيادة غير تامه بين الاليلين من هذين الآليلين في نفس الفرد أي $c^{ch}\ c^{h}$ و $c^{ch}\ c^{a}$ فأنه سيكون رمادي فاتح Light Gray.

5-4-6 . التوارث متعدد الجينات (الوراثة الكمية) .

هي انتقال الصفات الوراثية نتيجة التأثير التراكمي او الاضافي (**additive**) لعدد من الجينات في الخلية . ان اغلب الصفات لدى الانسان هي صفات متعددة الجينات (**polygenes**) او صفات مركبة (**Complex characters**) اي انها تتأثر الى حد كبير بالجينات وبالبيئة ايضاً . ومن الصفات متعددة الجينات المعروفة في الانسان هي لون الجلد ولون العيون (الشكل 5 - 15) والذكاء وضغط الدم ووزن الجسم ومجموع عدد الخطوط الجلدية (**Total Ridge Count (TRC** في بصمات الاصابع لكلا اليدين (الشكل 5 - 16) .

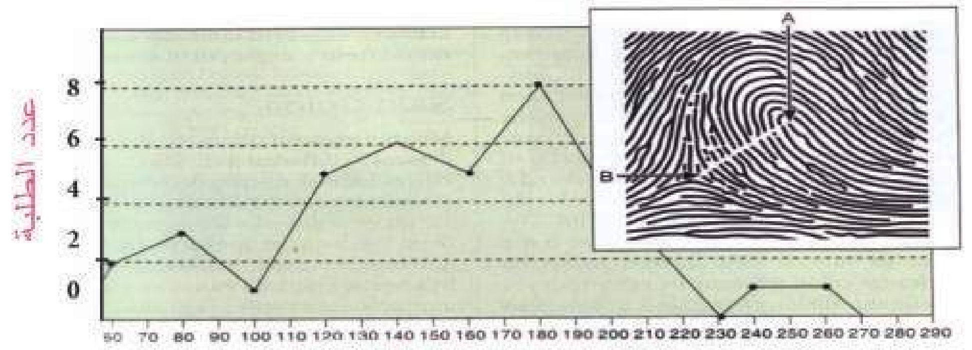


شكل (5 - 15) . لون العين كصفة متعددة الجينات . ان اليلات اكثر من جين تتفاعل لانتاج وترسيب الميلانين وهي صبغة تساعد في تلون قزحية العين والجلد ايضاً .

علماً بأن عدد الخطوط لطرز البصمات يتم تعيينه بدرجة كبيرة من قبل الجينات المتعددة وكذلك تستجيب وبصورة جزئية لبيئة الرحم ولهذا تعتبر صفة متعددة العوامل **Multifactorial trait**.

لقد لوحظ في بعض المجتمعات وجود اختلاف بين الجنسين في توزيع تركيب هذه الخطوط حيث ان متوسط عددها في عينة الذكور 145 خط ، بينما متوسط عددها في عينة الاناث 126 خط غير انها في مجتمعات اخرى قد تختلف عن ذلك . ومن الصفات متعددة الجينات الموجودة في الكائنات الاخرى هي لون البذور في الحنطة وكمية انتاج البذور والثمار والوقت اللازم للوصول الى النضج في النباتات .

وكذلك كمية اللبن واللحم والبيض وبقية الصفات ذات الاهمية الاقتصادية في الحيوانات .



شكل (5 – 16) . تشريح البصمة وتوزيع العدد الكلي للخطوط في عينة من الطلبة ، حيث شكلت تقريباً منحنياً جرسياً . لاحظ ان حساب عدد الخطوط ينحصر بين العلامتين A وB (للاطلاع) .

مفهوم الجينات المتعددة :

يعرف التعدد الجيني بأنه الجين الذي ان وجد بمفرده يكون له تأثير طفيف على الطراز المظهري ولكن باشتراكه مع عدد قليل او كثير من الجينات الاخرى فأنه يستطيع التحكم بالصفة الكمية. يختلف نظام الصفات الكمية (Quantitative traits) عن نظام الصفات المندلية او الوصفية (النوعية) (Qualitative traits) بما يأتي :

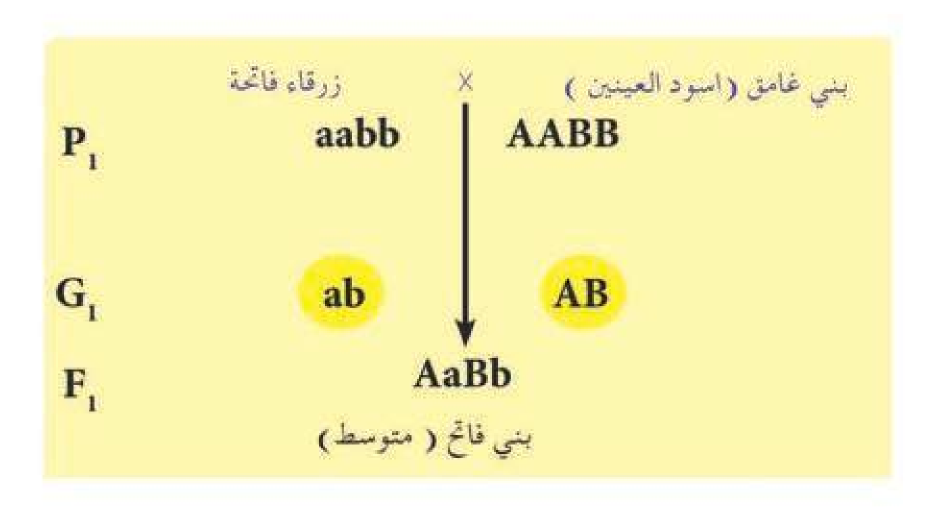
الصفات الكمية	الصفات الوصفية
1. يتحكم بها اكثر من زوج من الجينات المتعددة	1. يتحكم بها زوج من الجينات .
2. الطراز المظهري لافراد الجيل الاول يكون وسطاً بين الابوين .	2. الطراز المظهري لافراد F_1 الهجينة تشابه الطراز المظهري للاب النقي السائد في الصفة
3. يكون تباينها من النوع المستمر وبذلك لايمكن توزيع افراد F_2 او الاجيال التالية الى مجاميع بطرز مظهرية محددة .	3. يكون تباينها من النوع غير المستمر وبذلك يمكن توزيع افراد F_2 او الاجيال التالية الى مجاميع مظهرية محددة .
4. نفاذ الجينات المتعددة يكون غير تام ولذلك تتأثر بالبيئة .	4. غالباً مايكون نفاذها من النوع التام (الا في بعض الحالات القليلة التي تتأثر بالبيئة) .
5. تكون النسبة المظهرية لافراد F_2 بالنسبة للهجائن الثنائية 1 : 4 : 6 : 4 : 1.	5. تكون النسبة المظهرية 1 : 3 : 3 : 9.

قياس تأثير الجينات المتعددة (معامل التوريث) :

مادام ان اغلب الصفات الكمية تتأثر بالوراثة وبالبيئة وبدرجات متفاوتة ، لذا يهتم الباحثون في هذا المجال بقياس معامل التوريث (Heritability) للصفة الكمية وذلك لدوره المتميز في تقدير التحسين الوراثي المتوقع من الانتخاب .

ويعتبر معامل التوريث مقياس احصائي يظهر مقدار التغايرات في المجموعة السكانية التي ترجع الى عوامل وراثية وتتراوح قيمته بين صفر - 1 . فكلما تقترب القيمة من الواحد كلما يدل ذلك على تأثير الوراثة وبالعكس بالنسبة لتأثير البيئة. فمثلاً معامل التوريث لصفة عدد الخطوط الجلدية يساوي 0,66 ويعني بأن للجينات ذات التأثير الاضافي دوراً كبيراً في التعبير عن هذه الصفة. ويمكن ان تكون قيمة معامل التوريث منخفضة بالنسبة للصفات الكمية التي تكون اساسية لبقاء نوع الكائن الحي . مثال على ذلك صفة انتاج البيوض في حشرة ذبابة الفاكهة التي تكون قيمتها 0,18 . اما بالنسبة للصفات التي تعتبر اقل أهمية في بقاء الكائن مثل عدد الشويكات البطنية ، وطول الجناح في الحشرة أعلاه فأن كل منهما يظهر قيمة مرتفعة في هذا المعامل وبالذات 0,52 و 0,45 على التوالي ، يمكن توضيح هذا النوع من التوارث بالمثال الآتي :

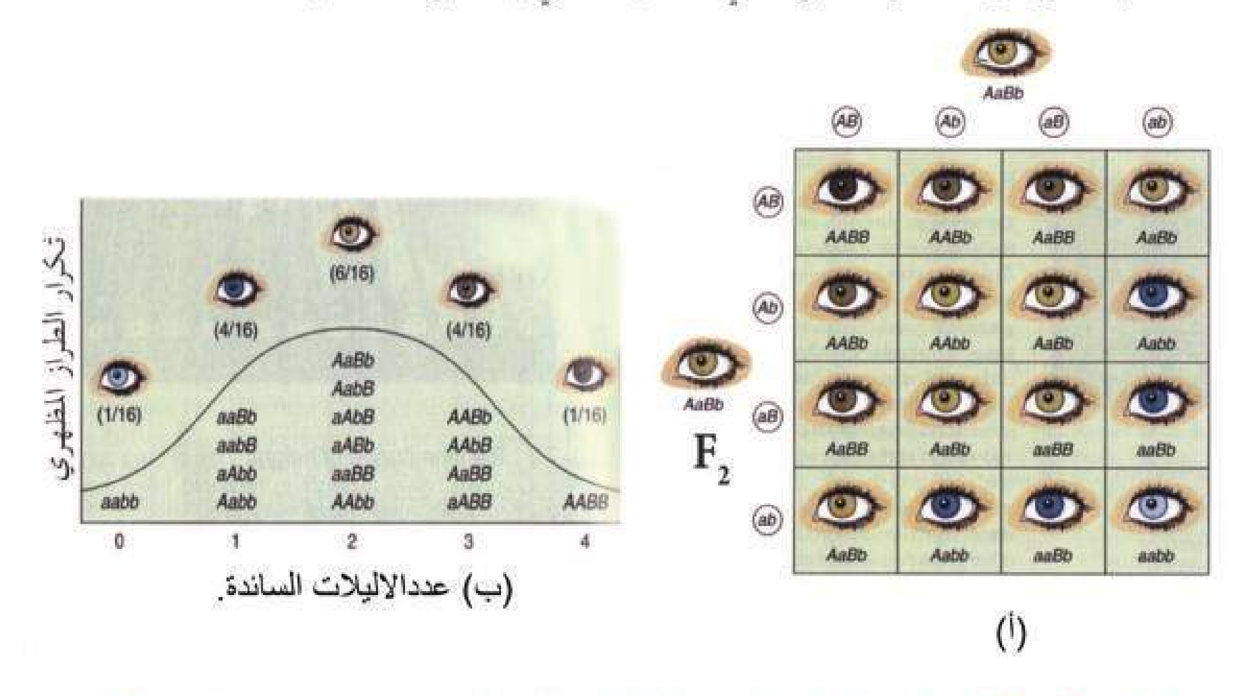
لو افترضنا ان توارث لون العيون في الانسان يخضع لتأثير زوجين من الاليلات AA و BB ، فعند تزاوج رجل بني غامق (اسود العينين) AABB من امراة زرقاء فاتحة فيكون لون العينين في النسل كما موضح فيما يأتي :



فاذا ماتزوج افراد الجيل الاول من افراد مشابهين لهم في طرازهم الوراثي فسوف تكون نسب الطرز المظهرية في الجيل الثاني كالأتي :

1 اسود(بني غامق) : 4 بني معتدل : 6 بني فاتح : 4 اخضر (ازرق غامق) : 1 ازرق فاتح .

كما تكون الطرز الوراثية لافراد الجيل الثاني كما موضحة في (الشكل 5 - 17) .



(ب) عددالاليلات السائدة.

(أ)

الشكل (5 - 17) . التغاير في لون العيون . أ . نموذج لجينين كل منهما يحتوي على أليلين بأمكانهما توضيح وجود خمسة الوان للعين البشرية . ب . التوزيع التكراري للون العين والذي يشكل المنحني الجرسي المميز للصفة الكمية (للاطلاع) .

نلاحظ من خلال الشكل (5 - 17 ب) . مايأتي :

1 يكون لون العين (اسوداً) نتيجة لوجود زوجين من الآليلات السائدة (**AABB**) .

2 يظهر لون العين (البني المعتدل) (**medium brown**) عند وجود ثلاثة اليلات سائدة واليل متنحي واحد (**AABb**) او (**AaBB**) .

3 يكون لون العين متوسطاً (بنياً فاتحاً) عند وجود اليلين سائدين واليلين متنحيين (**AAbb**) او (**aaBB**) او (**AaBb**) .

4 يبدو لون العين (ازرقاً غامقاً) (**deep blue**) او اخضر عند وجود اليل سائد واحد وثلاثة اليلات متنحية (**Aabb**) او (**aaBb**) .

5 اما اللون الازرق الفاتح فيظهر عند عدم وجود اي اليل سائد (**aabb**) .

5 - 4 - 7 . الوراثة والجنس .

5 - 4 - 7 - 1 . تحديد او تعيين الجنس .

كما نعلم بأن المشيج يحتوي على نصف العدد الكروموسومي المميز للنوع ، ويحصل اتحاد بين الامشاج الذكرية والانثوية عند الاخصاب وذلك لتكوين الفرد الجديد الذي قد يكون ذكراً او انثى في الحالة الاعتيادية .

ان عملية تحديد الجنس في العديد من الكائنات الحية (عدا مايتعلق بالاحياء المجهرية) يرجع الى الجينات الواقعة على الكروموسومات الجنسية .

لقد وجد في الكائنات الثنائية المسكن (Dioecious) (منفصلة الاجناس) بأن الذكور تختلف عن الاناث في التركيب الكروموسومي ويطلق على الكروموسومات التي يشملها هذا الاختلاف اسم الكروموسومات الجنسية(Sex chromosomes) والتي تكون مختلفة في احد الجنسين كأن تكون (XX) في الانثى و (XY) في الذكور او بالعكس ،**بينما** يطلق على الكروموسومات الاخرى المتشابهة في الذكر والانثى اسم الكروموسومات الجسمية (A) Autosomes .

وعندما تكون كروموسومات الجنس **متماثلة** في احد الجنسين فأنها سوف تعطي عند توزيعها نوعاً واحداً من الامشاج ويعرف هنا بالجنس **المتماثل** الامشاج (Homogametic sex) . **بينما** يعطي الجنس الاخر نوعين مختلفين من الامشاج ويُعرف بالمختلف الامشاج (Heterogametic sex) وفيما يلي مخطط لتعيين الجنس في الكائنات التي تعطي امشاجاً مختلفة سواء في ذكورها او في اناثها وذلك بسبب اختلاف الكروموسوم الجنسي من ناحية الشكل (XY) او العدد (XO) . لاحظ (الشكل 5 - 18) الذي يبين حيوان لبون لايحتوي على كروموسوم Y (XO)



الشكل (5 - 18) . حيوان الخُلد الذي لايحتوي على كروموسوم Y .

مخطط انظمة تعيين الجنس

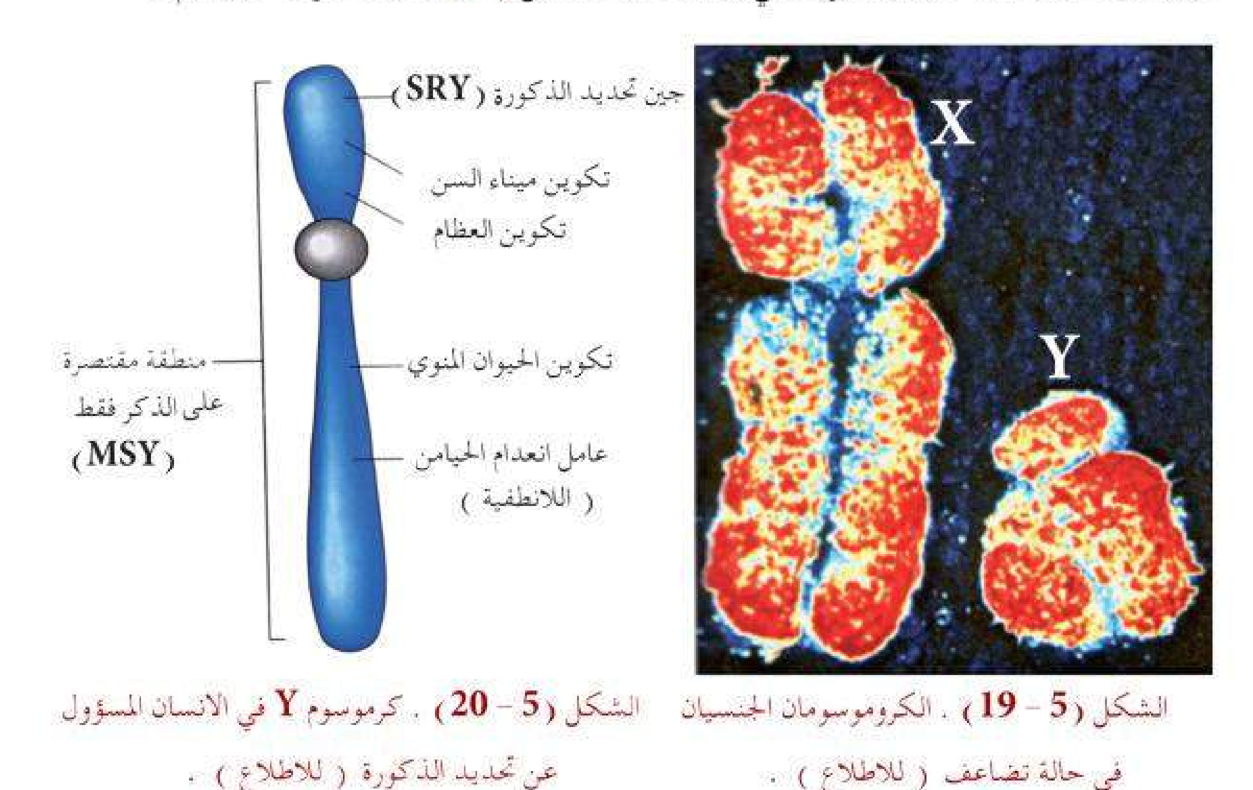
الذكور تعطي امشاج مختلفة		الاناث تعطي امشاج مختلفة	
ذكور **Xy** : يوجد في الانسان واللبائن الاخرى وفي بعض الحشرات وكذلك في العديد من النباتات الاحادية الجنس . ينتج الذكر نوعين من الامشاج ، امشاج بها كروموسوم **X** وامشاج بها كروموسوم **Y** ، بينما تحتوي الانثى على كروموسوم **X** واحد في بيوضها وعند الاخصاب تكون الزيجات اما حاملة (**XX**) وتنمو لتكون اناثاً او (**XY**) وتنمو لتكون ذكوراً .	ذكور **XO** : يوجد في بعض انواع الجراد وفي بعض انواع البق وكذلك في نوعين من حيوان الخلد **mole voles** حيث ينقص الذكر كروموسوماً واحداً عما هو موجود في الانثى . يولد الذكر نوعين من الامشاج ، امشاج بها **X** وامشاج خالية منه ، علماً بان الكروموسوم الجنسي المفرد هو الذي يعين جنس الذكر .	اناث **XY** ويوجد في حشرة العث واغلب الطيور .	اناث **XO** ويوجد في الدجاج وبعض الفراشات .

يكون كروموسوم **Y** في الانسان اصغر بكثير من كروموسوم **X** (الشكل 5 - 19) ولكنه يشترك مع كروموسوم **X** في العديد من تسلسلات الـ**DNA** . يحتوي هذا الكروموسوم على جين تحديد الذكورة والمسمى **Sex determining region of the y (SRY)** كما يحتوي على عامل عدم انتاج الحيوانات المنوية **azoospermia factor (AZF)** . لهذا الكروموسوم ايضاً اهمية في الدراسات التطورية (الشكل 5 - 20) .

اما في بعض الحشرات من رتبة غشائية الاجنحة مثل النحل والنمل والزنابير فيتحدد الجنس بآلية مختلفة كلياً حيث تفقس البيوض غير المخصبة عن ذكور احادية المجموعة الكرموسومية (**haploid**) والاناث عن زيجات ثنائية المجموعة الكروموسومية (**diploid**) .

كذلك وجد في حالات معينة بأن النسبة بين الكروموسومات الجنسية (X) الى مجاميع الكروموسومات الجسمية (A) تحدد الجنس في ذبابة الفاكهة . لقد لوحظ ايضاً بأن التغاير في درجة الحرارة تسيطر على تحديد الجنس في الزواحف .

اما في الاحياء المجهرية كالبكتريا فأن بعضها يمتلك عامل الخصوبة الموجب (F^+) وتتصرف كواهب في عملية الاخصاب . اما خلية البكتريا التي لاتمتلك ذلك العامل (F^-) فأنها تتصرف كمستلم .



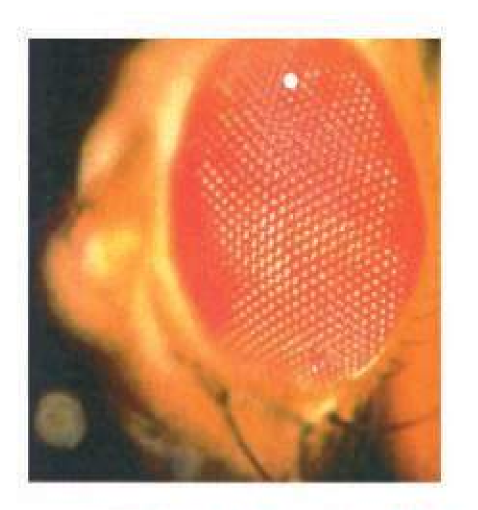
الشكل (5 - 19) . الكروموسومان الجنسيان في حالة تضاعف (للاطلاع) .

الشكل (5 - 20) . كروموسوم Y في الانسان المسؤول عن تحديد الذكورة (للاطلاع) .

5 - 4 - 7 - 2 . الصفات المرتبطة بالجنس في ذبابة الفاكهة Sex linked traits :

هي الصفات التي تعبر عن مورثات واقعة على كروموسوم الجنس . وتختلف هذه الصفات عن الصفات الاخرى في خاصية اساسية هي كونها ممثلة بمورثتين على الاقل في الاناث وبمورثة واحدة في الذكور . ويرجع ذلك كما أسلفنا الى عدد كروموسومات X في الجنسين .

ان اول من اكتشف خاصية الوراثة المرتبطة بالجنس هو العالم موركان (Morgan سنة) (1910م) وذلك عند دراسته لوراثة لون العيون في حشرة ذبابة الفاكهة حيث لاحظ ان صفة لون العين البيضاء مرتبطة بالجنس وهي صفة متنحية تجاه العين الحمراء (الشكل 5 - 21) كما لاحظ بأن التضريبات العكسية بالنسبة لهذه الصفات تعطي نتائج مختلفة .



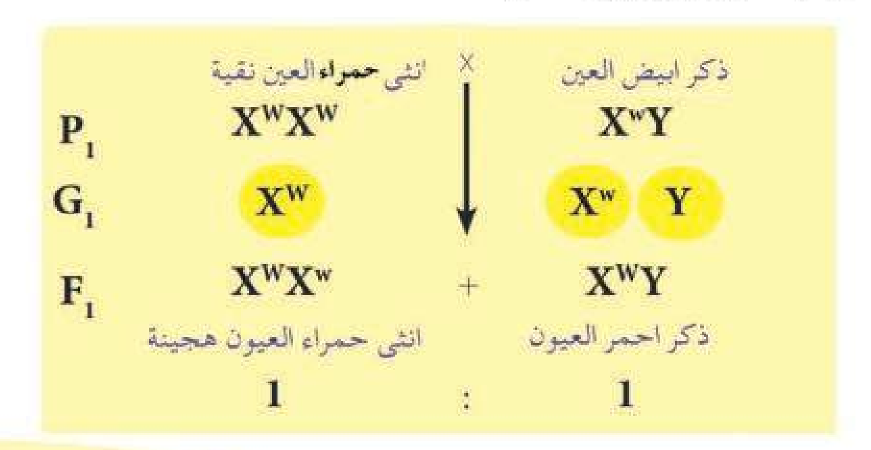


الشكل (5 - 21) . التغاير بين لون العين الابيض والاحمر في حشرة ذبابة الفاكهة .

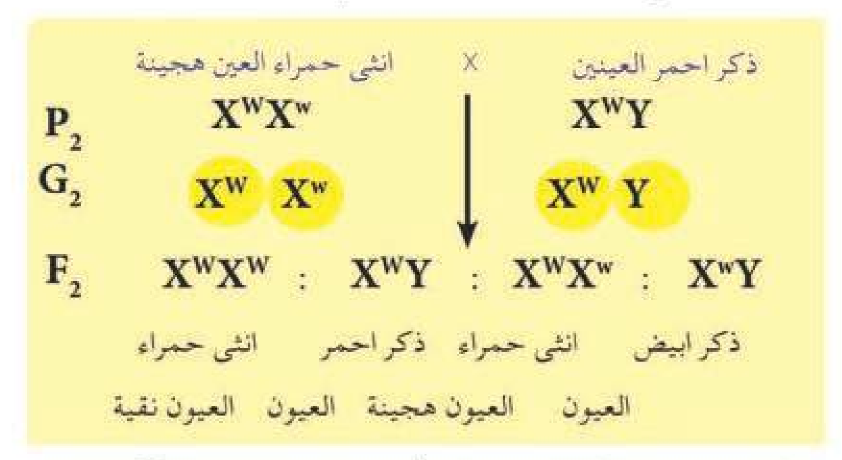
مثال (1) **عند تضريب اناث ذبابة فاكهة حمر العيون نقية مع ذكور بيض العيون كان افراد الجيل الاول ذكوراً واناثاً حمر العيون وبنسبة (1 : 1) وعندما تركت افراد الجيل الاول للتزاوج فيما بينها كان من بين الافراد الناتجة ذكور بيض العيون. ما الطرز الوراثية للابوين وافراد الجيلين (F_1 و F_2) ؟**
علماً ان جين صفة لون العين الحمراء سائد على جين صفة العين البيضاء .

الحل /

بما ان جين لون العين مرتبط بكروموسوم الجنس لذا يجب رسمه دائماً على ذلك الكروموسوم والذي يُشار اليه بالحرف (X) او بخط عمودي او افقي. نرمز لجين لون العين البيضاء المتنحي بالحرف (w) من كلمة ابيض(white) وبذلك نرمز لجين لون العين الحمراء السائد بالحرف (W) يمكن توضيح نتائج هذا التضريب لان المشار اليه تضريب وراثي وكالآتي :



وعند تضريب افراد الجيل الاول مع بعضها نحصل على مايأتي :-



تختلف نتائج هذا التضريب عن الحالات المشابهة لأليلين احدهما سائد والآخر متنح موجودين على كروموسومين جسميين (التوريث المندلي) بما يأتي :

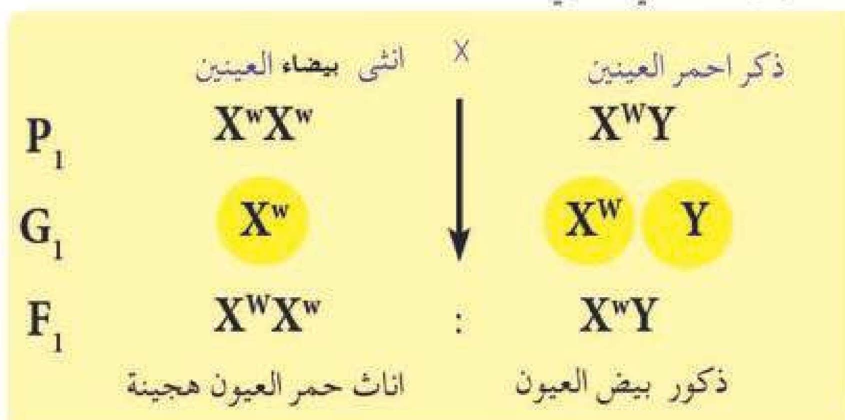
1 ان النسب في الجيل الثاني F_2 هي 1 : 3 في الحالتين ولكن بالنسبة للصفات المرتبطة بالجنس يقتصر ظهور الصفة المتنحية والتي هي العين البيضاء على الذكور في النسل فقط .

2 تكون نصف الذكور بيض العيون والنصف الاخر حمر العيون بالنسبة لهذه الصفة المرتبطة بالجنس وكذلك تختلف النتائج عند تلقيح انثى بيضاء العينين بذكر احمر العينين كما في المثال (2) .

مثال (2) التضريب العكسي للحالة اعلاه في مثال رقم (1) .

عند تضريب انثى ذبابة فاكهة بيضاء العينين مع ذكر احمر العينين كانت افراد الجيل الاول اناثاً حمر العيون وذكوراً بيض العيون ، وعند تزاوج افراد F_1 فيما بينها ظهر الجنسان في F_2 بنسبة 1 : 1 .
ماالطرز الوراثية للأبوين ولافراد F_1 و F_2 ؟ مع العلم ان جين صفة لون العين البيضاء متنح تجاه صفة لون العين الحمراء .

الحل / ترمز لجين صفة لون العين البيضاء المتنحي w وبذلك يكون رمز جين العين الحمراء السائد W . ويمكن توضيح نتائج هذا التضريب العكسي كالآتي :



وعند تضريب افراد الجيل الاول F1 مع بعضها نحصل على ما يأتي : -

	انثى حمراء العين هجينة	×	ذكر ابيض العينين
P_1	X^WX^w		X^wY
	X^W X^w	↓	X^w Y

G_1 X^WX^w : X^WY : X^wX^w : X^wY

F_1 اناث حمر العيون هجينة ، ذكور حمر العيون ، اناث بيض العيون ، ذكور بيض العيون

نستنتج من هذا التضريب مايأتي :

أ اختلاف الطرز المظهرية للجيل الاول والجيل الثاني عن نتائج المثال الاول وعن نتائج الصفات المندلية .

ب نقلت الامهات البيضاء العيون صفتها الى الذكور من افراد الجيل الاول ،**بينما** نقل الآباء صفة لون العيون الحمر الى الاناث ويطلق على هذا النوع من التوريث اسم التوريث التصالبي

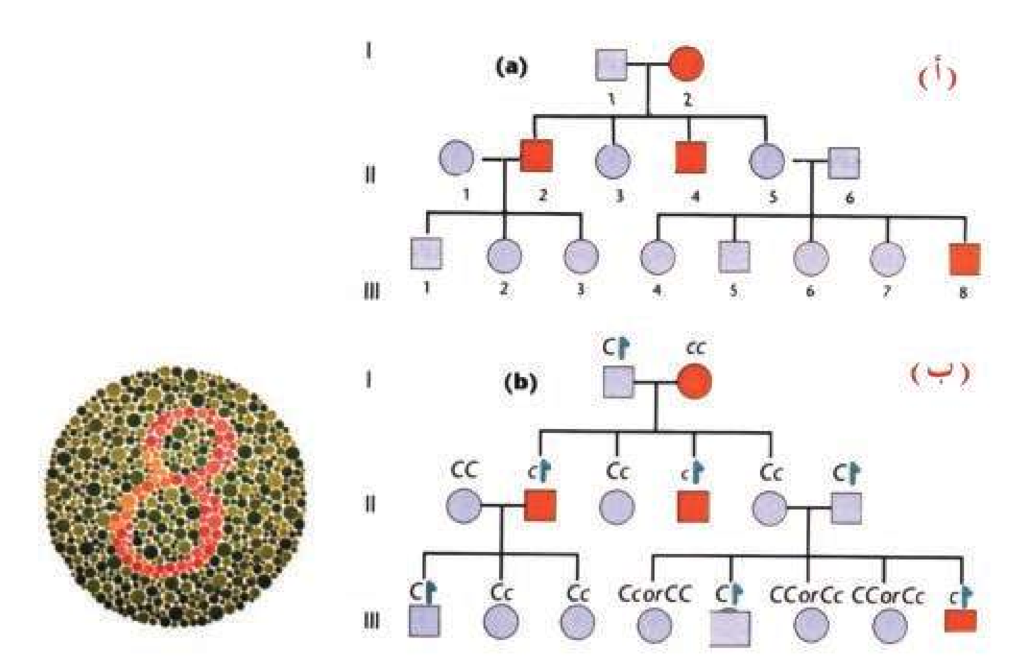
ج حصلنا في الجيل الثاني على النسبة 1 : 1 في كل من الجنسين بالنسبة للون العيون بدلاً من النسبة المعروفة للصفات المندلية والتي هي 3 سائد : 1 متنحي .

5 - 4 - 7 - 3 . الصفات المرتبطة بالجنس في الانسان :

(1) عمى الالوان Color Blindness :

ان سبب هذا المرض هو جين متنح مرتبط بالجنس يرمز له X^c من المصطلح **color** ونسبة حدوث المرض في الذكور اكثر منها في الاناث بحوالي 20 مرة . يشعر المصاب بعدم مقدرته على **التمييز** بين اللونين الاحمر والاخضر (شكل 5 - 22) . ولذا يجب عليه الحذر عند قيادة مركبة. **وفيما** يأتي توضيح للطرز الوراثية والمظهرية بالنسبة لهذا المرض .

الطراز الوراثي في الرجل	الطراز المظهري في الرجل	الطراز الوراثي في المرأة	الطراز المظهري في المرأة
X^CY	سليم	X^CX^C	سليمة
—	—	X^CX^c	حاملة لمورثة المرض
X^cY	مصاب	X^cX^c	مصابة



الشكل (5 - 22) . (أ) سجل نسب لصفة عمى الالوان المرتبط بالجنس . (ب) الطراز الوراثي المحتمل لكل فرد في سجل النسب . ان المصاب بهذا المرض يرى الرقم 3 بدلاً من الرقم 8 الذي يراه الفرد السليم وذلك في هذا الرسم الاختباري لرؤية الالوان (للاطلاع) .

(2) نزف الدم الوراثي (Hemophilia) :

يتصف المصابون بهذا المرض بعدم امكانية تخثر دمهم عند حدوث خدش او جرح وسبب ذلك صعوبة تحطم صفيحاتهم الدموية لوجود نقص في عامل ضد النزف الدموي يُدعى عامل رقم 8 (Factor VIII) او (anti hemophilic factor) . ان نقص هذا العامل سببه مورث متنحٍ مرتبط بالجنس (يرمز له X^h) ان وراثة هذا المرض مشابه لوراثة عمى الالوان عدا ان الاناث النقية في جين المرض (X^hX^h) ربما تموت في مراحل النمو الجنيني المبكرة .

الطراز الوراثي في الرجل	الطراز المظهري في الرجل	الطراز الوراثي في المرأة	الطراز المظهري في المرأة
X^HY	سليم	X^HX^H	سليمة
X^hY	مصاب	X^HX^h	حاملة لمورثة المرض
-----	------	X^hX^h	مصابة تموت في المراحل المبكرة من النمو الجنيني

(3) وراثة صفة سائدة مرتبطة بالجنس في الانسان :

ان بعض الاشخاص لديهم انخفاض في مستوى الفسفور في مصل الدم ولهذا يصابون بنوع من الكساح (وهن او ضعف العظام) والذي لايمكن معالجته بفيتامين D ، حيث انه مقاوم له و يرجع هذا المرض الى جين سائد مرتبط بالجنس X^D اما الفرد الاعتيادي فلديه الآليل المتنحي X^d .

مثال تطبيقي : امرأة مصابة بالكساح كانت والدتها مصابة ولكن والدها غير مصاب تزوجت من رجل غير مصاب وانجبت اربعة اولاد كان بينهم ولد وبنت مُصابين . فما هو الطراز الوراثي لكل من افراد هذه العائلة .

الاستنتاج /

بما ان الذرية بعضهم مصابين والبعض الاخر اصحاء ، اذن الام هجينة في جين المرض وذلك لأنها لو كانت نقية فأن كافة الاولاد سيكونون مصابين . (كذلك يمكن الاستنتاج بان المرآة هجينة من والدها الغير مصاب) .

الحل /

	انثى هجينة مصابة	×	رجل غير مصاب	
P_1	X^DX^d		X^dY	
G_1	X^D X^d		X^d Y	
F_1	X^DX^d +	X^DY +	X^dX^d +	X^dY
	انثى مصابة هجينة	ذكر مصاب	انثى سليمة	ذكر سليم

5 - 4 - 7 - 4 . الصفات المتأثرة بالجنس (Sex-influenced traits) .

وفيها يتوقف التعبير المظهري للصفة على جنس الفرد . فالهجين يعبر عن طراز مظهري في جنس والطراز البديل في الجنس الآخر مثال على ذلك صفة الصلع Baldness في الانسان اذ المعروف ان هذه الصفة يتحكم بها مورث B موجود على كروموسوم جسمي ويكون سائد في الذكور وينتج الصلع لديهم في الطرازين الوراثيين BB و Bb غير انه لاينتج الصلع في الاناث الا في الحالة BB ، مع ذلك فأن التأثير لايكون كبيراً كما في الذكور ويُعبر عنه في مرحلة متأخرة من العمر . ويعتمد ظهور الصلع على تركيز الهورمون الذكري .

الطراز الوراثي في الرجل	الطراز المظهري في الرجل	الطراز الوراثي في المرأة	الطراز المظهري في المراة
BB	اصلع	BB	صلعاء
Bb	اصلع	Bb	طبيعية (حاملة للمورثة)
bb	طبيعي	bb	طبيعية

ومن الصفات الاخرى المتأثرة بالجنس هي صفة طول وشكل الريش في الدجاج وتكوين القرون في الاغنام ولون الشعر في ماشية الأيرشاير **Ayrshire** ، حيث توجد سلالتان احدهما حمراء والاخرى مبقعة بأسود وابيض ، والطراز الاخير يكون اكثر شيوعاً في الذكور .

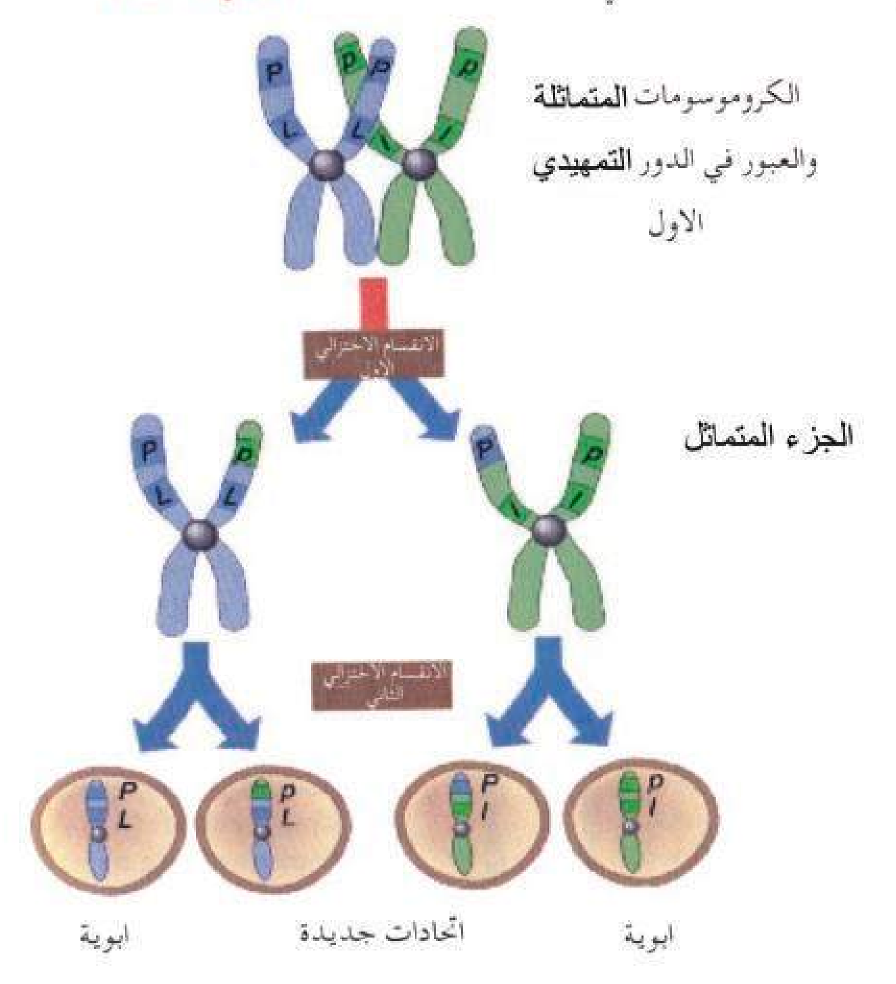
5 - 4 - 7 - 5 . الصفات المحددة بالجنس (Sex-limited traits) :

لقد علمنا عند دراسة الجينات المتنحية المرتبطة بالجنس بأنها تكون في الذكور اكثر منها في الاناث . وعلى كل حال توجد عوامل اخرى بمقدورها التأثير على تعبير الجين تبعاً للجنس (ذكر ام انثى) وبصورة مختلفة فالصفة المحددة بالجنس ترجع الى جين يؤثر على تركيب او وظيفة الجسم والتي توجد في الذكور فقط او في الاناث فقط . ان مثل هذا الجين قد يقع على كروموسوم جسمي او مرتبط بالجنس . يعتبر فهم التوريث المحدد بالجنس مهم للمختصين بتربية الحيوانات على سبيل المثال انتاج الحليب في الماشية تؤثر على جنس واحد فقط ولكن اي من الابوين باستطاعته نقل الجينات المسيطرة على هذه الصفات . ومن الامثلة على هذه الصفات في الانسان هي الصوت الخشن ونمو اللحية في الذكور والصوت الناعم في الاناث وحجم الثدي والارتفاع المفاجئ في ضغط الدم عند اقتراب موعد الانجاب بالنسبة لبعض الحوامل . ان الانثى لايحدث فيها نمو اللحية بصورة عامة وذلك بسبب عدم استطاعتها افراز الهورمونات اللازمة لنمو شعر الوجه .

5 - 4 - 8 . الارتباط والعبور الوراثي :

الارتباط (**Linkage**) هي حالة وجود اثنين او اكثر من الجينات غير الأليلية التي تميل الى التوريث مع بعضها . الجينات المرتبطة لها مواقعها على طول نفس الكروموسوم ، ولاتتوزع بصورة حرة ولكن بالأمكان ان تفصل عن بعضها بواسطة العبور الوراثي (**Crossing over**) الذي هو ظاهرة تحصل خلال الطور التمهيدي (**Prophase1**) من الانقسام الاختزالي الاول والتي يتبادل فيها الكروموسومان المتماثلان

بعض الاجزاء بضمنها جزيئات من الـDNA ، علماً بأن هذا التبادل يحصل بين الكروماتيدين غير الشقيقتين لذلك الزوج الكروموسومي المتماثل ، وهو لاينتج مورثات جديدة ولايزيل مورثات قديمة ، بل يُعيد ترتيب الاليلات في أحد الجنسين او كلاهما (شكل 5 - 23) .



شكل (5 - 23) . يبين كيف ان العبور الوراثي يعطل الارتباط بين جينين ويرزم ترتيبات الاتحادات الجديدة للجينات الى الامشاج (للاطلاع) .

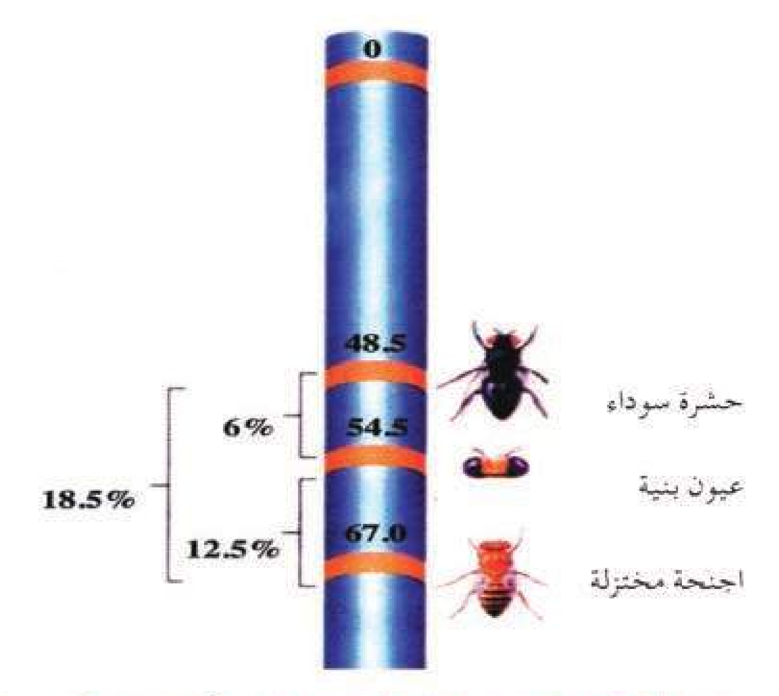
أن اكتشاف ظاهرة العبور من قبل العالم موركان عام (1910م) ساعدت في تفسير نتائج العديد من الصفات التي كانت طريقة توريثها تشذ عن النسب المندلية المعروفة . فكما نعلم ان هذه النسب المندلية تنطبق على الصفات التي تقع مورثاتها على كروموسومات مختلفة ولهذا تتوزع بصورة حرة عند تكوين الامشاج ، ولكن عندما تقع هذه الجينات على نفس الكروموسومات (مرتبطة) فأن سلوكها سوف يتغير ، حيث لاتتوزع بصورة متكافئة على الامشاج وبالتالي سوف نحصل على نسبة مظهرية مغايرة لما كُنا نحصل عليها في التضريب الاختباري للهجين الثنائي، حيث انه في مثل هذه الحالة نحصل على فئتين كبيرتين ناتجة عن اتحاد الامشاج الابوية وفئتين صغيرتين ناتجة عن الاتحادات الجديدة (Recombinations)

تُستخرج قيمة العبور كالآتي :

$$\frac{\text{عدد الاتحادات الجديدة} \times 100}{\text{المجموع الكلي لافراد النسل}}$$

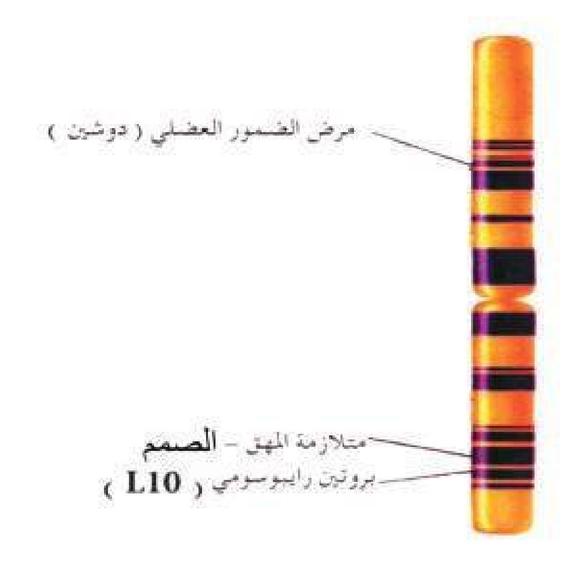
ويكون الناتج بشكل نسبة مئوية (٪) .

تستخدم وحدة الخريطة (Map Unit) او (Centimorgan) للاشارة الى المسافة بين الجينات على الكروموسوم وان كل واحدة منها تمثل **قيمة** (1 %) **من العبور بين جينين . ان مقدار العبور او الاتحادات الجديدة** المشاهدة تتناسب مع المسافة بين جينين معينين على الكروموسوم ، فكلما كبرت هذه المسافة زاد **احتمال** وقوع العبور ، **بينما تكون الجينات القريبة من بعضها في نفس الكروموسوم شديدة الارتباط، لقد طُورت هذه الملاحظة** من قبل موركان مما قاد الى وضع نظرية الترتيب **الطولي للجينات على الكروموسوم كما ادت الى وضع الخرائط** الوراثية للكروموسومات (شكل 5 ـ 24) .



شكل (5 - 24) . يبين مواقع ثلاثة جينات مع المسافة بينها على الكروموسوم الثاني لذبابة الفاكهة (للاطلاع) .

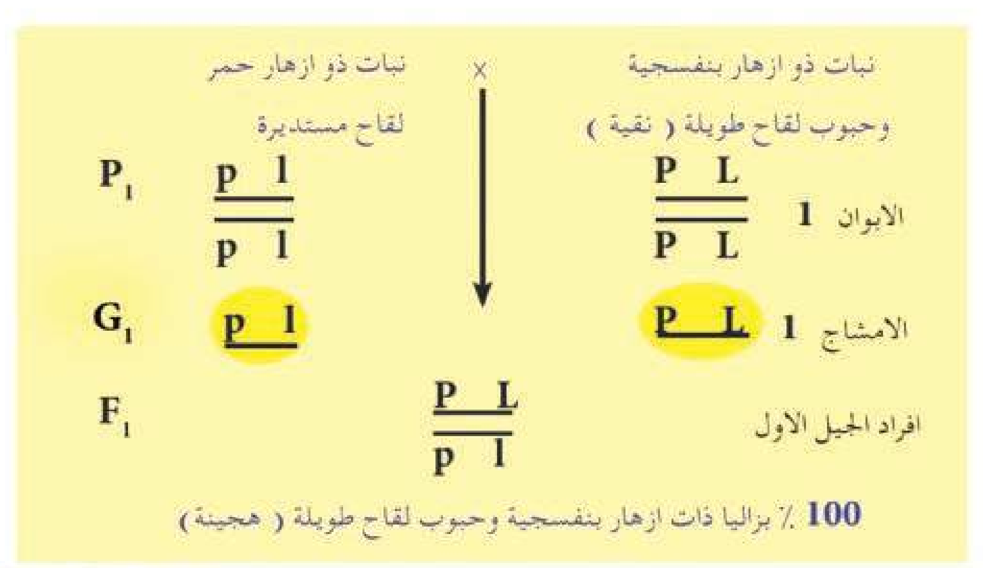
لاحظ ايضاً خريطة الجينات لكروموسوم X في الانسان (شكل 5 ـ 25) . والتي وضعت عن طريق استخدام بعض التقنيات الحديثة . تتأثر نسبة العبور بين الجينات بعدد من العوامل الوراثية والبيئية كالطفرات الكروموسومية ومنها الانقلاب وكذلك المطفرات **الكيميائية** والانتخاب والجنس والعمر ودرجة الحرارة والاشعة السينية .



شكل (5 - 25) . جزء من الخريطة الوراثية لكروموسوم X في الانسان وعلاقة ثلاثة من المورثات بظهور بعض الصفات او الامراض (للاطلاع) .

مثال : الارتباط والعبور الوراثي :

عند تضريب نبات البزاليا الحلوة (Sweet peas) ذات الازهار البنفسجية (P) وحبوب اللقاح الطويلة (L) مع بزاليا حلوة ذات ازهار حمر (p) وحبوب لقاح مستديرة (l) كان جميع افراد الجيل الاول نباتات ذات ازهار بنفسجية وحبوب لقاح طويلة وهذه النتيجة تبدو اعتيادية لاننا نعلم بأن صفتي اللون البنفسجي وحبوب اللقاح الطويلة سائدتان على صفتي اللون الاحمر وحبوب اللقاح المستديرة على التوالي . الا ان نسبة الجيل الثاني لم تكن مطابقة للنسبة المظهرية 1 : 3 : 3 : 9 والخاصة بالهجائن الثنائية ، كذلك عند استخدام التضريب الاختباري لم نحصل على النسبة المظهرية والوراثية 1 : 1 : 1 : 1 ، ممايشير الى ان الجينين اعلاه مرتبطان وفي مثل هذه الحالة يتم رسم الجينين على الكروموسوم وذلك لتميزهما عن الجينات المندلية التي يقع كل منها على كروموسوم مختلف وكالآتي :



عند استخدام التضريب الاختباري لافراد الجيل الاول كانت النتيجة كالآتي :

	بزاليا ذات ازهار حمر وحبوب لقاح مستديرة	×	بزاليا ذات ازهار بنفسجية وحبوب لقاح طويلة (هجينة)		
P_2	$\frac{p\ l}{p\ l}$		$\frac{P\ L}{P\ l}$		
G_2	$\underline{p\ l}$		$\underline{P\ L}$ $\underline{p\ l}$ $\underline{p\ L}$ $\underline{P\ l}$		
F_2	$\frac{P\ L}{p\ l}$	$\frac{p\ l}{p\ l}$	$\frac{p\ L}{p\ l}$	$\frac{P\ l}{p\ l}$	
	طويلة بنفسجية	مستديرة حمراء	طويلة حمراء	مستديرة بنفسجية	
	نباتات كثيرة بسبب الارتباط		نباتات قليلة بسبب العبور		

يتضح مما تقدم ان الطراز المتباين الزيجة $\frac{P\ L}{p\ l}$ لم يُولد الامشاج المتوقعة بنسبة متساوية

وانما ولدَ امشاجاً ابوية $\underline{P\ L}$ و $\underline{p\ l}$ بنسبة اعلى من الامشاج الناتجة عن العبور $\underline{p\ L}$ و $\underline{P\ l}$ ولذلك اعطت الاخيرة عدد قليل من الافراد . أن الارتباط يميل دائماً للاحتفاظ بالاتحادات الابوية للجينات بنسبة ثابتة تقريباً لأي جينين مرتبطين .

5 - 4 - 9 . الوراثة السايتوبلازمية (Cytoplasmic inheritance) .

توجد معظم المعلومات الوراثية مشفرة في جزيئات الـDNA الموجودة في الكروموسومات وذلك في الكائنات حقيقية النواة (Eukaryotes) .

وتبعاً لذلك يمكن التنبؤ بعملية وراثة الصفات في العوائل عن طريق معرفة سلوك الكروموسومات خلال الانقسام ولكن وجود الـDNA لايقتصر على الكروموسومات فحسب بل تم اكتشافه في المايتوكوندريا والبلاستيدات الخضر والأجسام القاعدية للاسواط وذلك في اوائل الستينات .

ويفسر هذا الاكتشاف بعض جوانب الوراثة السايتوبلازمية او الوراثة خارج النواة (Extranuclear inheritance والتي هي شكل غير مندلي من التوريث تتضمن انتقال معلومات وراثية من خلال حدوث تضاعف ذاتي لعضيات السايتوبلازم مثل المايتوكوندريا والبلاستيدات الخضر وغيرها. تظهر جزيئات DNA السايتوبلازم اختلافات واضحة في تسلسل النيوكليوتيدات عن DNA النواة ، حيث انها مجردة من البروتين شأنها في ذلك شأن جزيئات الـDNA في بدائية النواة Prokaryotes كالبكتيريا ، وفي الرواشح (الفيروسات) وعملية تضاعف جزيئات DNA العضيات السايتوبلازمية تشابه عملية تضاعفها في بدائيات النواة . لقد بينت الدراسات امكانية قيامه بالتعبير الوراثي .

مثال تطبيقي : دقائق كابا Kappa في البراميسيوم :

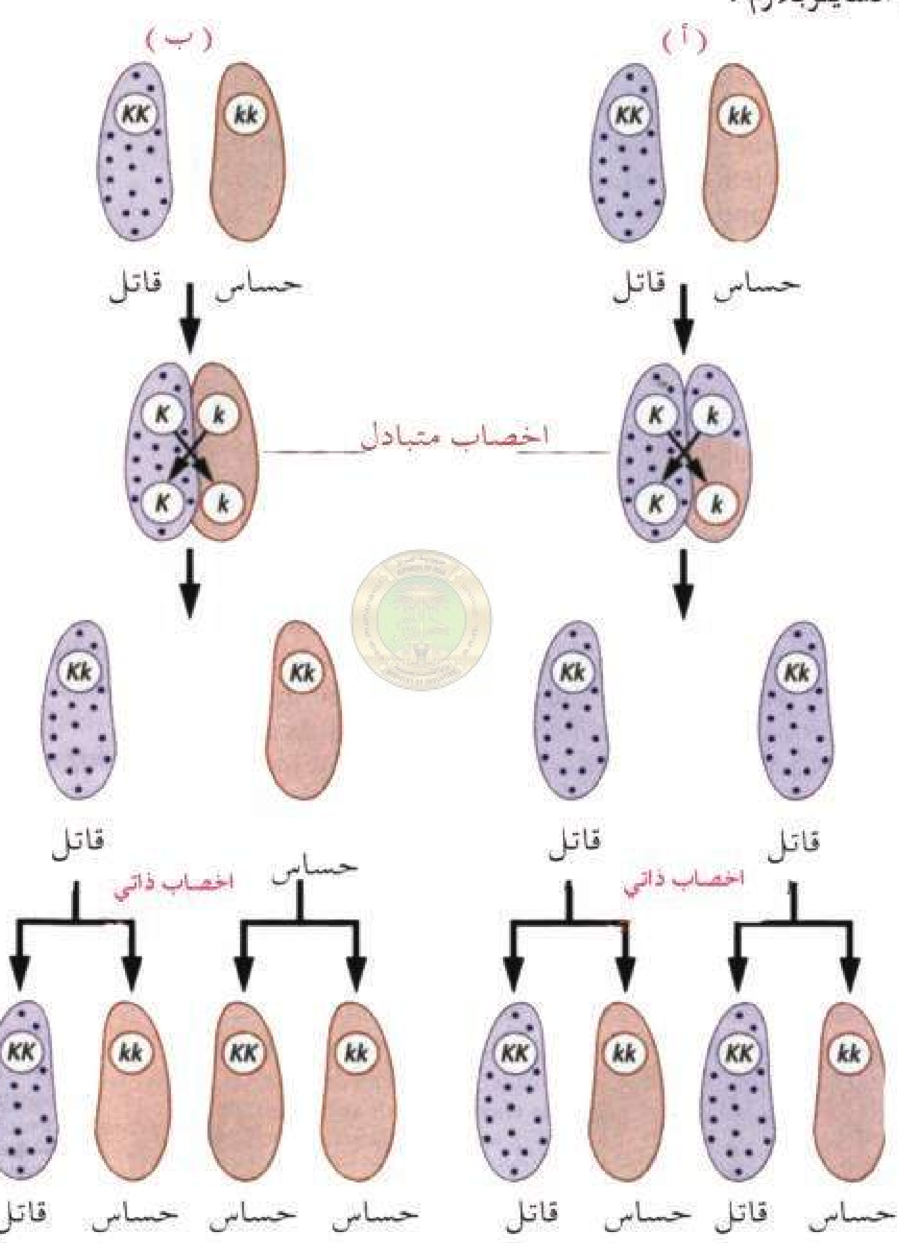
تمتاز بعض سلالات البراميسيوم من نوع اوريليا[1] بقابليتها على افراز مادة سامة تنتشر في الوسط المائي تدعى (براميسين Paramecin) ، تقتل افراد السلالات الاخرى العائدة لنفس النوع عند وجودها في نفس الوسط، حيث انها تقوم بتفجير الفجوات الغذائية للبراميسيوم الحساس المُبتلع لها .

يطلق على البراميسيوم المنتج لهذه المادة بالقاتل (Killer) اما البراميسيوم الذي يموت بسببها فيدعى الحساس (Sensitive). لقد شوهدت في سايتوبلازم البراميسيوم القاتل جسيمات او دقائق صغيرة سُميت (دقائق كابا Kappa) والتي تشبه البكتيريا وربما تحتوي على فيروسات ملتهمة معينة . وتشير احدى النظريات حول قيام هذه الفيروسات بالتكاثر خلال عملية التضاعف وبذلك تنتج مواد سامة قابلة لأن تطلق وتقتل السلالات الحساسة .
تحتوي دقائق كابا على DNA وبروتين وكل خلية براميسيوم تحتوي على (100 – 200) جسيمة منها ويعتمد وجودها في الخلية بصورة دائمية على آليل نووي سائد يرمز له بالحرف K ويكون البراميسيوم قاتلاً عندما يحتوي على دقائق كابا وعلى الآليل السائد K في الحالتين (KK و Kk) بينما يكون حساساً في كل من هاتين الحالتين :

1. عندما يكون الجين متنحي (kk) حتى وان احتوى على دقائق كابا فانه لايستطيع الاحتفاظ بها حيث يفقدها بعد عدد قليل من الانقسامات .
2. عندما يكون نقي سائد (KK) او هجين (Kk) وذلك في حالة عدم وجود دقائق كابا، حيث ان الآليل السائد (K) لايمكن ان ينتج البكتيريا كابا إلا بوجود جزء قليل منها في الخلية .

1 لهذا النوع من البراميسيوم نواتان صغيرتان ونواة كبيرة واحدة

وعند الاطلاع على (شكل 5 - 26) نجد بأنه خلال عملية الاخصاب المتبادل(**conjugation**) اما ان : يحصل تبادل سايتوبلازمي (أ) او لايحصل ذلك (ب) . وتحدث الحالة (أ) عندما تكون فترة الاقتران بين السلالتين القاتلة والحساسة كافية لأن تسمح بتبادل كمية كبيرة من السايتوبلازم بين الفردين المقترنين ، اضافة الى تبادل المادة النووية . وبعد اكتمال الأقتران تنتج سلالتان قاتلتان مما يدل على ان صفة القتل تورث عن طريق السايتوبلازم .



شكل (5 - 26) . نتائج التضريبات بين سلالات براميسيوم قاتلة (KK) وحساسة (kk) :

آ. عند حدوث تبادل سايتوبلازمي ب. عدم حدوث تبادل سايتوبلازمي خلال عملية الاخصاب المتبادل. ان دقائق كابا (المنقطة) تبقى فقط عندما يوجد الآليل السائد K .

اما عندما يقترن فرد قاتل بآخر حساس في ظروف ملائمة وذلك (لتجنب قتل الفرد الحساس) فيحدث تبادل للمادة النووية دون ان يحدث تبادل في السايتوبلازم (لأن فترة الاقتران قصيرة) (الحالة ب). وبعد انتهاء الاقتران يعطي الفرد الحساس سلالة حساسة تحمل الآليل السائد في الحالة الهجينة (Kk) لكن تنقصها دقائق كابا ، كما يعطي الفرد القاتل سلالة قاتلة (Kk) تحمل الآليل السائد ودقائق كابا مما يدل على ان صفة القتل لاتورث عن طريق النواة وان السلالة الناتجة من الفرد القاتل ترث دقائق كابا بينما لاترثها سلالة الفرد الحساس لأنه لم يحدث تبادل سايتوبلازمي ومن الامثلة الاخرى عن الوراثة السايتوبلازمية في الحيوانات هو تأثير الطراز الوراثي للأم على تعيين جهة تحلزن صدفة القوقع لمنيا (Limnaea) .

5 - 4 - 10 . الطفرات (Mutations) .

الطفرة هي تغير مفاجئ في تتابع القواعد النتروجينية لجين او لجزئ من الـ DNA ، علماً بأن هذا التغير قد يكون مصحوباً بظهور طراز وراثي و مظهري جديد (شكل 5 - 27) وعلى مستوى نوعية الخلايا هناك طفرات تحدث في الخلايا التناسلية (Germ cells) والمتمثلة بأمشاج الكائن الحي ، علماً ان طفرات الخلايا التناسلية لاتؤثر في الكائن الحي نفسه ، الا انها يمكن ان تنتقل الى اولاده . وهناك طفرات تحدث في الخلايا الجسمية (Somatic Cells) للكائن وبذلك تؤثر فيه ، مثلاً بعض انواع سرطان الجلد وسرطان الدم لدى الانسان علماً ان هذا النوع من الطفرات لايورث .



(أ) (ب) (جـ)

شكل (5 - 27) . طفرة تسبب تأثيرات متشابهة في انواع مختلفة (أ) الطفرة في الانسان . (ب) في القطط . (ج) في الفئران ، والتي تسبب الخصلة البيضاء من الشعر في مقدمة الرأس ولون العين الفاتح وضعف السمع والاعصاب (للاطلاع) .

قد تكون الطفرات ضارة كما في حالة اختزال الاجنحة في ذبابة الفاكهة وقصر الاطراف في الاغنام والعديد من الامراض والمتلازمات (Syndromes) في الانسان ، كما قد تكون مميتة (Lethal) تؤدي غالباً الى موت الجنين قبل الولادة .

الا ان بعض الطفرات قد تؤدي الى طرز مظهرية مفيدة للفرد وقد تملك الكائنات الحية ذات الطفرات المفيدة فرصاً افضل للتكيف والتكاثر والبقاء وبالتالي قد تكون مثل هذه الافراد اكثر اهمية من الناحية الاقتصادية كالطفرات التي تؤدي الى زيادة الانتاج الحيواني والنباتي وتحسين نوعيته .

يمكن للطفرات ان تتمثل في تغيرات على مستوى كروموسوم معين وتسمى (طفرات كروموسومية) اوعلى مستوى نيوكليوتيد معين وتسمى (طفرات جينية) .

اولاً : الطفرات الكروموسومية (Chromosomal mutations) .

تقسم الطفرات الكروموسومية الى نوعين رئيسين هما :

(1) طفرات ترجع الى تغيرات في عدد الكروموسومات ومنها مايأتي :

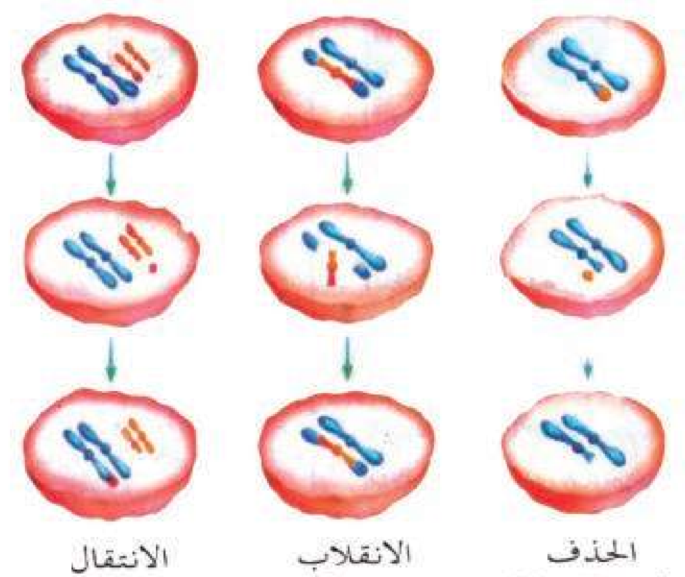
أ التعدد الكروموسومي غير الحقيقي (Aneuploidy) وفي هذه الحالة يوجد كروموسوم واحد مفقود (ثنائي المجموعة الكروموسومية - كروموسوم واحد) او كروموسوم واحد زائد (ثنائي المجموعة الكروموسومية + كرموسوم واحد) .

ب تعدد كروموسومي تام (Polyploidy) وهو زيادة مجموعة كروموسومية كاملة فيكون الفرد ثلاثي المجموعة الكروموسومية .

(2) طفرات ترجع الى تغيرات تركيبية في الكروموسومات ومنها مايأتي :

أ تغير في عدد الجينات وتتضمن الفقد (Deletion) ويعني فقد جزء من الكروموسوم والتضاعف اي ان هناك قطعة من الكروموسوم قابلة للتكرار (الاعادة) .

ب تغير في ترتيب الجينات وتتضمن الانقلاب (Inversion) والذي فيه ينكسر جزء من كروموسوم معين وينعكس ثم يتحد مجدداً مع الكروموسوم نفسه. والانتقال الذي فيه ينكسر جزء من كروموسوم معين ويتحد بكروموسوم غير مماثل له (الشكل 5 - 28) . ان الطفرة التي تزود شخصاً معيناً بكروموسوم مضاف على الزوج الكروموسومي رقم 21 (الشكل5 - 29) ناتجة عن حالة عدم الانفصال (Nondisjunction) اذ لاينفصل هذا الكروموسوم عن نظيره اثناء الانقسام الاختزالي ويؤدي ذلك الى احتواء احد الامشاج كروموسوماً اضافياً فيما ينقص الآخر هذا الكروموسوم وتسمى هذه الحالة متلازمة داون (المنغولية) .



شكل (5 - 28) . الطفرات الكروموسومية (للاطلاع) .



شكل (5 - 29) . متلازمة داون والتي ترجع الى تكرار كروموسوم رقم 21 ثلاث مرات (Trisomy) (للاطلاع) .

ثانياً : الطفرات الجينية (الموراثية) وتضم نوعين :

(1) الطفرات النقطية (الموضعية) Point mutations :

هي الطفرة الناتجة من حذف او اضافة او استبدال نيوكليوتيدة واحدة بأخرى والتي تعود الى موقع وراثي واحد (Locus) .

1 - طفرة الحذف : وفيها يتم فقد نيوكليوتيدة واحدة من جين معين. وقد يؤدي هذا الفقد الى تشكيل غير صحيح للكودونات *Codons المتبقية ويسمى هذا بطفرة الازاحة Frame shift mutation وهي التي تؤدي الى تغير جميع الاحماض الامينية التي تقع بعدها (شكل 5 - 30 آ) . هذه الطفرة يمكن ان تؤدي الى تأثيرات خطيرة في وظيفة البروتين .

---

* الكودون Codonهي ثلاث قواعد نتروجينية او ثلاث نيوكليوتيدات في جزيء DNA او RNA والتي تحمل او تشفر المعلومات لحامض اميني واحد .

2 - طفرة الاضافة (Insertion Mutation) : و يتم فيها ادخال نيوكليوتيد واحد الى جين معين مما قد يؤدي الى طفرة الازاحة ايضاً .

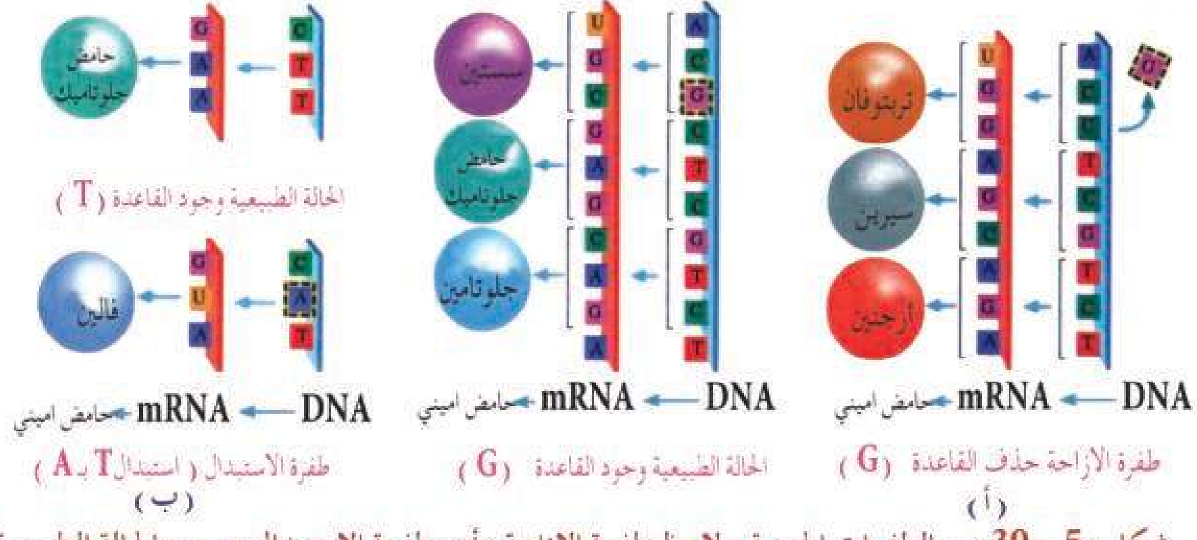
3 - طفرة الاستبدال Substitution : وفيها يحل نيوكليوتيد واحد محل نيوكليوتيد آخر (شكل 5 - 30ب) . واذا حدث هذا الاستبدال في كودون معين فقد يتغير الحامض الاميني . وتكون طفرات الاستبدال على عدة انواع و منها مايأتي :

أ الطفرة الاستبدالية المؤثرة (Missense Mutation) .

ب الطفرة الاستبدالية الكامنة (المحايدة) (Neutral Mutation) .

ج الطفرة الاستبدالية الصامتة (Silent Mutation) .

د الطفرة الاستبدالية المثبطة (Nonsense Mutation) .



شكل (5 - 30) . الطفرات الجينية : لاحظ طفرة الازاحة (أ) وطفرة الاستبدال (ب) والحالة الطبيعية لكل منهما .

(2) الطفرات المضاعفة (Duplicate Mutations) .

وتتضمن تأثر اكثر من زوج من القواعد النتروجينية للجين ، حيث تحصل من خلال تكرار استنساخ جزء من المورث .

معدل حدوث الطفرة الذاتية : تمتلك اغلب الكائنات الحية مورثات عديدة جداً ولذا فإن احتمال حدوث الطفرة في احدى هذه المورثات بشكل كبير نسبياً. لقد تبين بأن معدل حدوث الطفرة الذاتية للمورث الواحد في حشرة ذبابة الفاكهة يتراوح بين (10^{-5} - 10^{-6}) اي مرة واحدة لكل (100000 - مليون مورث) في الجيل الواحد .

بينما يتراوح المعدل الكلي للطفرة في نفس هذه الحشرات مابين **1 % - 3%** ، علماً ان معدل الطفرة يختلف من مورث الى آخر في نفس الفرد .

ان هذا المعدل يمكن ان يزداد عند التعرض لبعض العوامل المطفرة (**Mutagens**) ومنها الاشعاعات ذات الطاقة العالية مثل الاشعة فوق البنفسجية والاشعاعات المؤينة مثل الاشعة السينية او بعض **الكيميائيات** مثل حامض النتروز واملاح الحديد والفورمالدهايد . لقد تبين بأن عدد من المواد **الكيميائية** المعروفة تكون مسرطنة (**Carcinogenic**) لذا يجب الحذر .

مضادات الطفرات (**Antimutagens**) .

بسبب المشاكل التي تحدثها بعض الطفرات انتبه العلماء حديثاً الى ايجاد مواد مثبطة لبعض هذه الطفرات ومنها مايأتي :

(1) المثبطات الحيوية (**Bioantimutagens**) .

وهذه تكون على هيئة عوامل معطلة او مثبطة وعوامل لها دور ضمن عملية تضاعف الـDNA او عوامل اخرى لها دور ضمن عملية اصلاح الضرر فيه .

(2) المثبطات المباشرة (**Desmutagens**) .

كأيجاد مضادات تعمل بشكل مباشر على المطفرات مثل مضادات الأكسدة او ايجاد عوامل غالقة (Blocking Agents) .

5 - 4 - 11 . الوراثة البشرية (الوراثة في الانسان) (Human genetics) .

على الرغم من ان وراثة الانسان تعتبر من اقدم فروع الوراثة التطبيقية ، وان جنس الانسان العاقل (***Homo sapiens***) هو اهم هدف لدراسة الوراثة ، الا ان هذا الفرع قد تطور ببطئ مقارنة بفروع علم الوراثة الاخرى وذلك لوجود العديد من الصعوبات التي تواجه الباحثين في هذا المجال ومن هذه الصعوبات ما يأتي :

1. ان صغر حجم العوائل البشرية لايؤدي الى ظهور جميع **الاحتمالات** وبذلك يصعب التاكد من نقاوة صفات الوالدين ، لذا يعتبر حجم العوائل الكبيرة من المزايا المرغوب بها في الدراسات الوراثية ، ولكن يقل عدد اكبر العائلات البشرية كثيراً عن العدد اللازم لوضع نسب وراثية قابلة للاختبار بصورة احصائية .
2. يستغرق عمر الجيل الواحد منذ ولادته الى ان يصل سن الرشد (البلوغ) سنوات طويلة ، مما يجعل تتبع الصفات المدروسة في الجيل اللاحق يستغرق ايضاً وقت اطول .

3 يعتبر الزواج في الانسان من الامور الشخصية والتي لايمكن التحكم فيها او توجيهها وفق تزاوجات مسيطر عليها تجريبياً .

4 ان العديد من الصفات البشرية لايخضع للوراثة المندلية ولكنها تخضع للوراثة اللامندلية كالسيادة المواكبة والنفاذ غير التام وتداخل الفعل الجيني وتعدد المورثات ذات التأثير التراكمي والتي لايمكن دراسة تأثير كل منها على انفراد .

5 كثرة عدد الكروموسومات (الصبغيات) في الانسان مقارنة بالكائنات الاخرى .

لذا تعتمد دراسة الوراثة في البشر على مايأتي :

آ ملاحظة ظهور او اختفاء الصفات في الافراد والاقارب عبر الاجيال وذلك من خلال رسم شجرة النسب وتجميع البيانات الاحصائية على مستوى عائلة واحدة وكذلك العديد من العوائل ذات الصلة بالصفة المدروسة .

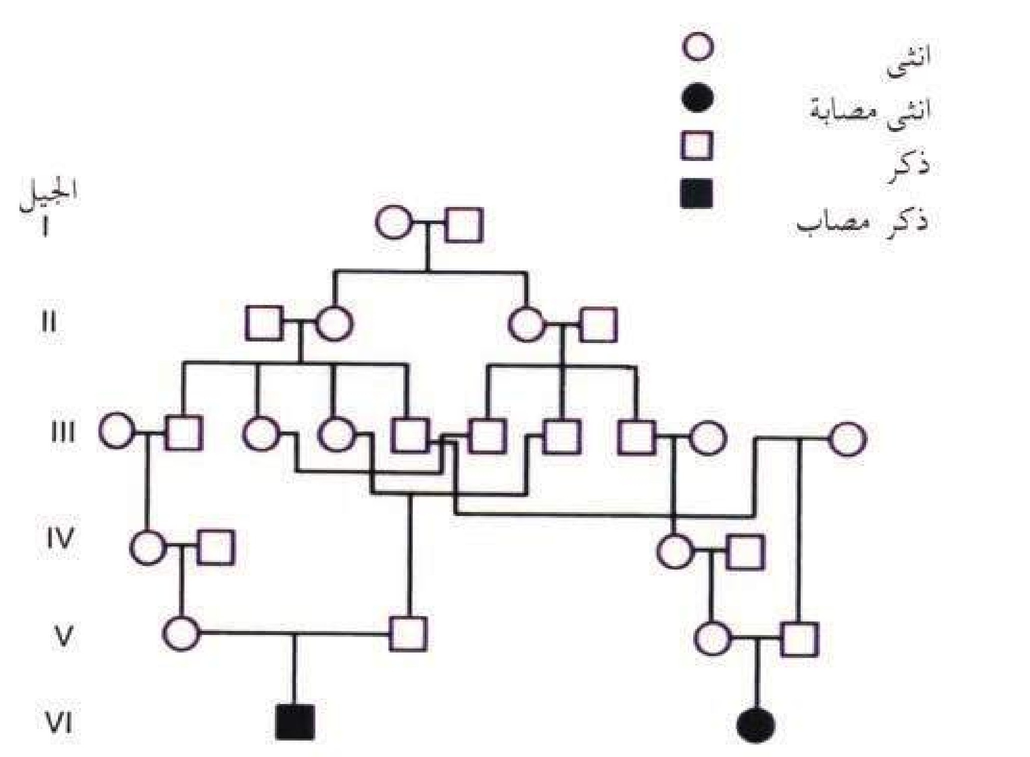
ب دراسة التغيرات في التكرارات الجينية والتداخلات مع البيئة والتي تعتبر قاعدة معلومات مهمة للطب السريري .

جـ الاستعانة بالتقنيات الجزيئية الحديثة من خلال معرفة تتابع القواعدالنتروجينية للمورث وربطها بوظيفة ذلك المورث (راجع الجزء 5. 5.) .

5 - 4 - 11 - 1 . سجلات النسب (Pedigrees) :

سجل النسب هو مخطط يُظهر كيفية وراثة صفة معينة على مدى عدة اجيال(شكل 5 - 31) تشير المربعات في هذا السجل الى الذكور ، بينما تشير الدوائر الى الاناث . المربع او الدائرة القاتمة يعني وجود الصفة او الحالة لدى الشخص في جيل معين وبالعكس بالنسبة للرمز الفاتح . الخط الافقي الذي يصل بين ذكر وانثى يشير الى الزواج . الخط العمودي يشير الى الاولاد الذين تم ترتيبهم من اليسار الى اليمين وفقاً لتسلسل الولادة وبغض النظر عن الجنس . الارقام الرومانية تشير الى توالي الأجيال .

يسمى الافراد الاربعة في الجيل الخامس لسجل النسب اعلاه بالحاملين (Carriers) للمورث وذلك لأن لديهم آليلاً واحداً متنحياً فقط ولكنهم غير مصابين بالمرض ، غير انه لدى كل عائلة منهم قابلية على نقله الى ابنه وبنته وعلى التوالي (من اليسار الى اليمين) .



شكل (5 - 31) . سجل نسب لعائلة ظهر فيها اثنين من الاحفاد مصابين بمرض يرجع الى مورث متنحي وذلك في الجيل السادس (للاطلاع) .

5 - 4 - 11 - 2 . توارث بعض الصفات الجسمية والاختلالات المرضية في الانسان :

يمكن للمهتمين بالوراثة معرفة وراثة بعض الصفات والاختلالات الوراثية من خلال تحليل انماط التوارث (Patterns of inheritance) اي تحليل التعبير عن الجينات على مدى الاجيال بوساطة سجلات النسب وفيما يأتي معايير الصفات السائدة الجسمية (الشكل 5 - 32) اي التي يقع الجين المسؤول عن كل واحدة منها على كروموسوم جسمي (جدول 5 - 5) .

1 تنتقل الصفة في الذكور والاناث وبتكرار متكافئ .

2 اصابة الاجيال المتتابعة .

3 توقف الانتقال بعد الجيل الذي لايوجد فيه فرد مصاب .

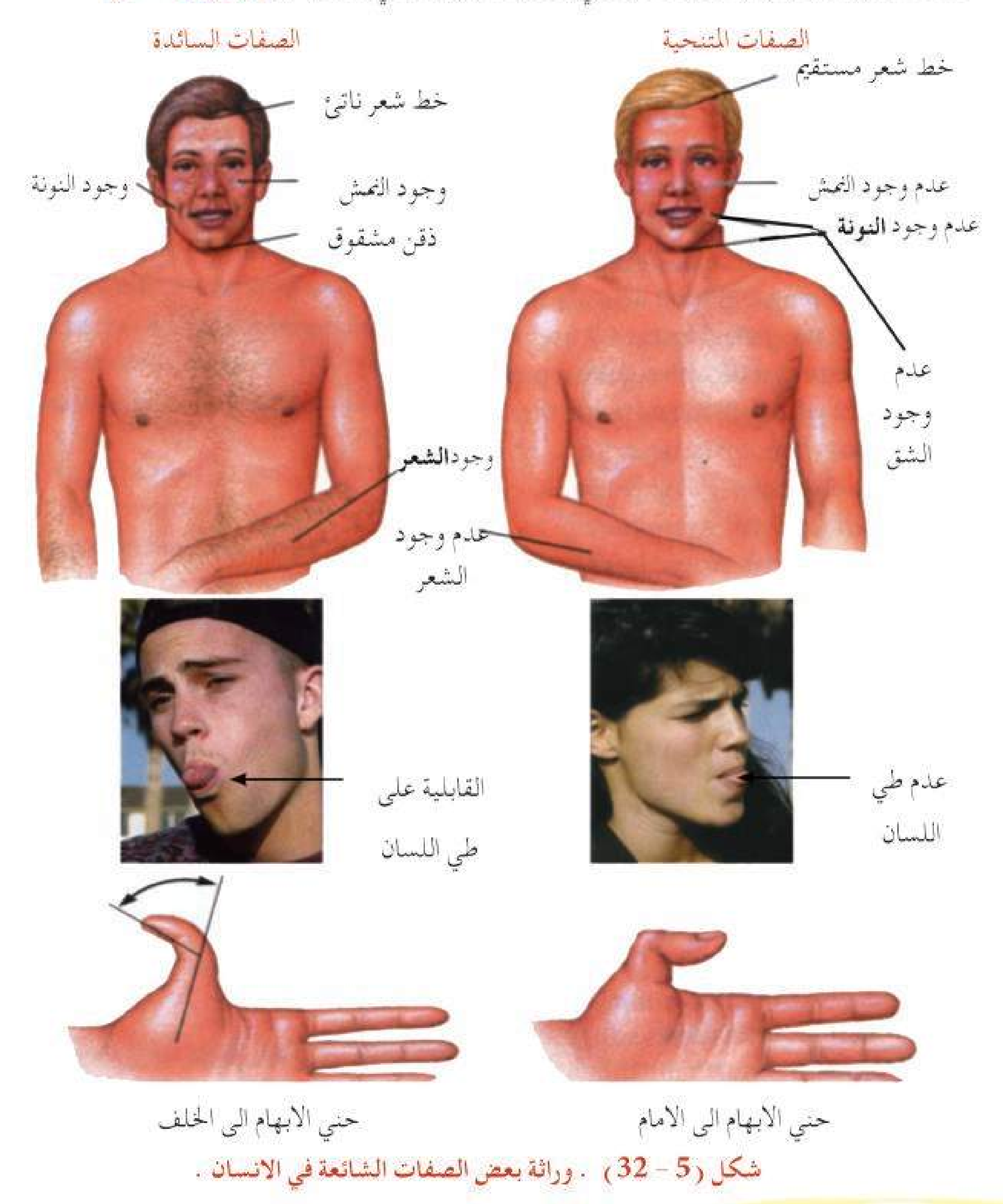
اما بالنسبة لمعايير الصفات المتنحية الجسمية (الشكل 5 - 32) فهي كالآتي :

1 اصابة الذكور والاناث بتكرار متكافئ والافراد المصابة بامكانها نقل الجين الا اذا سببت الموت قبل العمر التكاثري (قبل البلوغ) .

2 بامكان الصفة ان تختفي لعدد من الاجيال .

3 ان والدي الفرد المصاب يكونان متبايني الزيجة او يمتلكان الصفة (جدول 5 - 5) .

لايقتصر اثر الوراثة على اظهار او اختفاء بعض الصفات الجسمية فحسب ولكن يمتد الى وظائف بعض الاعضاء واستعدادها للاصابة باختلالات او تشوهات (**Abnormalities**) معينة تنتقل من الاباء الى الابناء بصورة مماثلة للصفات الاخرى ، ومثال على ذلك تعدد الاكياس في الكلية بالنسبة للجين الجسمي السائد المسبب لها ومرض التليف الحوصلي بالنسبة للجين المتنحي المسبب لها (جدول 5 – 5).



شكل (5 – 32) . وراثة بعض الصفات الشائعة في الانسان .

الجدول (5 - 5) . بعض الصفات الجسمية والاختلالات السائدة والمتنحية في الانسان .

ت	الصفات السائدة	الصفات المتنحية
1.	القزمية وقصر الأطراف **Achondroplasia**	الحالة الطبيعية .
2.	قصر الاصابع **Brachydactyly** .	الحالة الطبيعية .
3.	سرطان الثدي **Breast Cancer** .	الحالة الطبيعية (غير مصابة) .
4.	الذقن المشقوقة **Cleft** .	مستدير (عدم وجود الشق) .
5.	وجود النمش **Freckles** .	عدم وجود النمش **Clear** .
6.	حلمة الاذن الحرة **Free ear lobe** .	حلمة الاذن الملتصقة .
7.	وجود النونة (الغمازة) **Dimples** في الذقن او الخد .	عدم وجود النونة .
8.	خط الشعر الناتئ **Widow's peak** .	**مستقيم**
9.	مرض الزفن (داء الرقص) **Huntington disease** .	الحالة الطبيعية (غير مصاب) .
10.	زيادة الكولسترول في مصل الدم **Hypercholesterolemia** .	الحالة الطبيعية .
11.	تذوق مادة فينيل ثايوكاربامايد **Phenyl thiocarbamide** .	غير متذوق .
12.	تعدد الاكياس في الكلية **Polycystic Kidney disease** .	الحالة الطبيعية .
13.	زيادة الاصابع **Polydactyly** .	وجود خمسة اصابع في الكف او القدم .
14.	الحالة الطبيعية .	حالة اسوداد الادرار **Alkaptonuria** .
15.	الحالة الطبيعية .	حالة عدم القدرة على تنسيق الحركات الارادية (التخلج) **Ataxia** .
16.	الحالة الطبيعية .	مرض التليف الحوصلي **Cystic Fibrosis** .
17.	الحالة الطبيعية .	مرض تاي – ساكس **Tay – sachs**
18.	الحالة الطبيعية .	تجمع سكر الحليب في الدم **Galactosemia**
19.	الحالة الطبيعية .	ادرار الفنيل كيتون الحامضي **Phenylketonuria**
20.	الحالة الطبيعية .	فقر دم البحر الأبيض المتوسط (الثلاسيميا الكبرى) **Thalassemia major** .

5 - 4 - 11 - 3 . كروموسومات الانسان .

يُطلق على الكروموسومات التي ليس لها علاقة مباشرة بتعيين الجنس في الانسان بالكروموسومات الجسمية (الجسدية) **Autosomes** وعددها 22 زوج اما الزوج المتبقي فهو كما نعلم يمثل كروموسومي الجنس (اي زوج واحد يخص الجنس) .

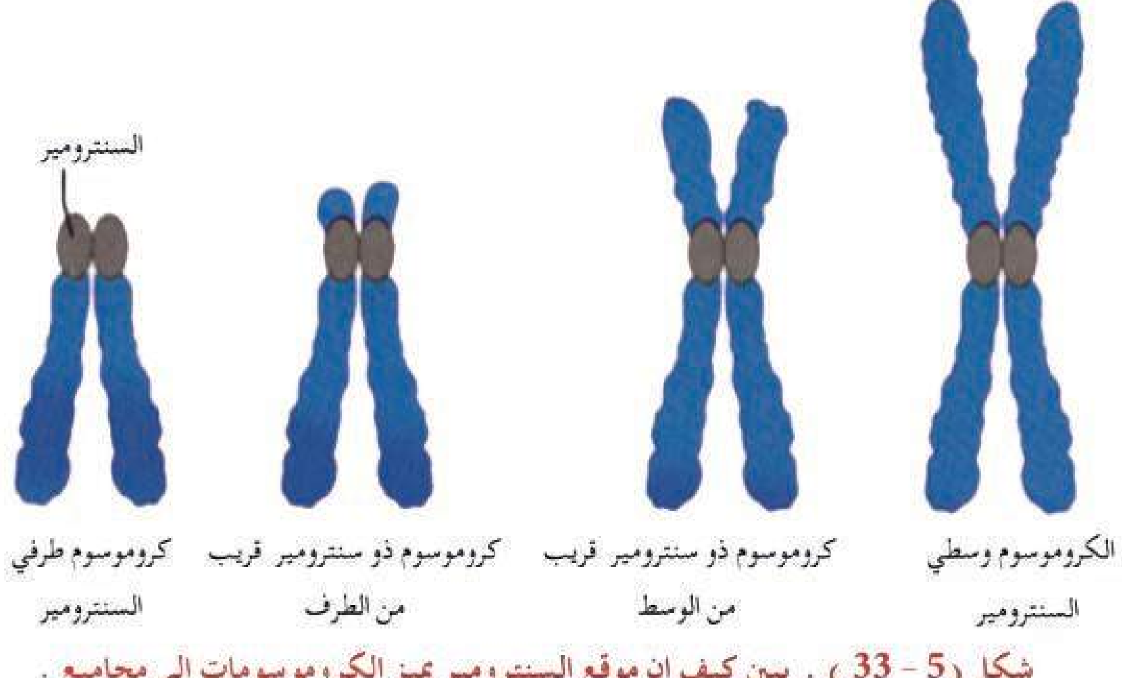
يمكن تمييز كروموسومات الانسان حسب موضع السنترومير (الجزء المركزي) فيها (شكل 5 - 33) الى الانواع الآتية :

أ الكروموسوم وسطي السنترومير (**Metacentric chromosome**) .

ب الكروموسومات ذات السنتروميرات القريبة من الوسط **Submetacentric Chromosomes**

جـ الكروموسومات ذات السنتروميرات ، القريبة من الطرف (**Acrocentric chromosomes**)

د كروموسومات طرفية السنترومير (**Telocentric Chromosomes**) .



شكل (5 - 33) . يبين كيف ان موقع السنترومير يميز الكروموسومات الى مجاميع .

وعلى اساس طول الكروموسوم وموضع السنترومير فأن كروموسومات الانسان العادية قد رتبت في 7 مجاميع من الكروموسومات الجسمية من A ⟵ G ، وزوج واحد من كروموسومات الجنس اما XY (شكل 5 - 34) او XX .

وعلى هذا الاساس فأن الـ23 زوج من الكروموسومات في الخلايا الجسمية تُقسم كالأتي :

المجموعة	الكروموسومات
A	3 - 1
B	4 و5
C	12 - 6
D	15 - 13
E	18 - 16
F	20 - 19
G	22 - 21
*X	XX او XY

شكل (5 - 34) . الهيئة الكروموسومية لجنين ذكر اعتيادي (للاطلاع) .

* من خلال ملاحظة حجم هذا الكروموسوم X وموضع السنترومير فيه نجد ان هذا الكروموسوم يشابه كروموسومات المجموعة C من الكروموسومات الجسمية، بينما كروموسوم Y يشابه كروموسومات المجموعة G الجسمية.

5 - 4 - 11 - 4 . تشخيص الامراض الوراثية :

ان الافراد الذين لديهم تاريخ عائلي للاصابة بمرض وراثي يخضعون عادة لفحص وراثي وخاصة قبل انجاب الاولاد . ويوجد حالياً طريقتين لآجراء هذا التشخيص :

أ طريقة بزل السائل الامنيوني او السَلوي (الرهلي) (Amniocentesis) .

ب طريقة فحص الخملات الكوريونية (Chorionic villi) الواقعة في بطانة الرحم .

5 - 4 - 11 - 5 . تخفيف اعراض بعض الامراض الوراثية :

ويتم ذلك بعدة طرق منها مايأتي :

1 الحمية الغذائية : وتوصف بالنسبة لبعض امراض الأيض الغذائي الوراثية كمرض فنيل كيتونيوريا .

2 العلاج الطبيعي : ويوصف لمرضى التليف الحوصلي ، حيث يخضع المرضى لعدد من الجلسات التي يُستخدم فيها عملية الطرق على الظهر والصدر وذلك لطرد المواد المخاطية اللزجة من الرئتين .

3 استخدام حقن معينة بالنسبة لبعض الامراض كما هو الحال بالنسبة لحقن الانسولين المستخدمة في معالجة البول السكري وحقن بروتين تجلط الدم لمعالجة مرضى نزف الدم الوراثي

4 اجراء بعض العمليات الجراحية للجنين (في حالات محدودة) وذلك لغرض اصلاح بعض الاختلالات الوراثية .

5 المعالجة بالمورثات (الجينات) ، وتهدف الى استبدال الجين الذي يعاني من قصور في وظيفته وذلك لتخفيف اعراض المرض المسؤول عنه الجين الاصلي (راجع الجزء 5 . 5 . 7) .

5 - 4 - 11 - 6 . الاستشارات الوراثية (Genetic counsellings) .

هي تحليل للقصور الوراثي في العائلة وتقديم الاختبارات الممكنة لتجنب الخطورة **المحتملة**. يقوم المستشار الوراثي المختص بحساب خطر تكرار الاختلالات الوراثية في العوائل من خلال تطبيقه لقوانين الوراثة وعلى ضوء ذلك يقوم بتوجيه الاباء حول المشكلات التي قد يتعرض لها اولادهم وما يتخذونه من اختيارات .

اما بالنسبة للامراض التي تتأثر بعوامل وراثية وبيئية معاً **فيمكن** للمستشار تقديم النصح للعائلة حول كيفية خفض عوامل الاصابة **المحتملة** .

المجالات التي يمكن الاستشارة فيها :

1 معرفة مدى اصابة بعض افراد العائلة بأحد الامراض الوراثية .

2 معرفة مايؤول اليه زواج ابناء العمومة من امراض وراثية **محتملة** .

3 معرفة سبب عدم انتظام التكوين الجنسي او تأخير النضج الجنسي .

4 تقديم الاستشارة في حالة الاجهاضات المتكررة .

5 في حالة الرغبة في تعيين الابوة .

6 في حالة الرغبة بمعرفة مخاطر الادوية والاشعاع .

5 - 4 - 11 - 7 . الجينوم البشري Human Genome :

بعد نصف قرن من اكتشاف تركيب الـDNA توصل علماء الوراثة الى معرفة التتابع الجيني للجينوم البشري والذي يضم ترتيب نحو 3 , 3 مليار من ازواج القواعد النتروجينية في كروموسومات الانسان . ويتطلع العلماء نحو معرفة المعلومات التي يحددها تتابع نيوكليوتيدات الـDNA بصورة فعلية ، وذلك من خلال تطوير حقل جديد ومهم من حقول علم الحياة الا وهو المعلوماتية الاحيائية (Bioinformatics) الذي يسعى نحو برمجة الحاسوب للمساعدة في تحليل وتفسير معظم تتابعات نيوكليوتيدات الـDNA وتوقع اماكن وجود الجينات والوظائف التي تتحكم بها وكذلك المقارنة بين تتابعات نيوكليوتيدات الـDNA المختلفة .

5 - 5 . الاساس الجزيئي للوراثة :

لقد استنتج مندل من خلال دراسته للعديد من الصفات في نبات البزاليا بأن هناك عوامل وراثية تتحكم بنقل الصفات في الكائن الحي ولكن ماهي تلك العوامل وكيفية خزنها للمعلومات الوراثية وقابليتها على حل المعلومات الغامضة بقيت لغزاً محيراً للعلماء . ولقد تم فيما بعد من خلال البحوث والدراسات ازاحة الستار عن بعض جوانب ذلك اللغز على اثر اصرار العلماء لايجاد صيغة حل لمشكلة تفشي احد امراض الجهاز التنفسي في المجتمع وذلك في عام (1928م) .

5 - 5 - 1 . الكشف عن الحامض النووي DNA :

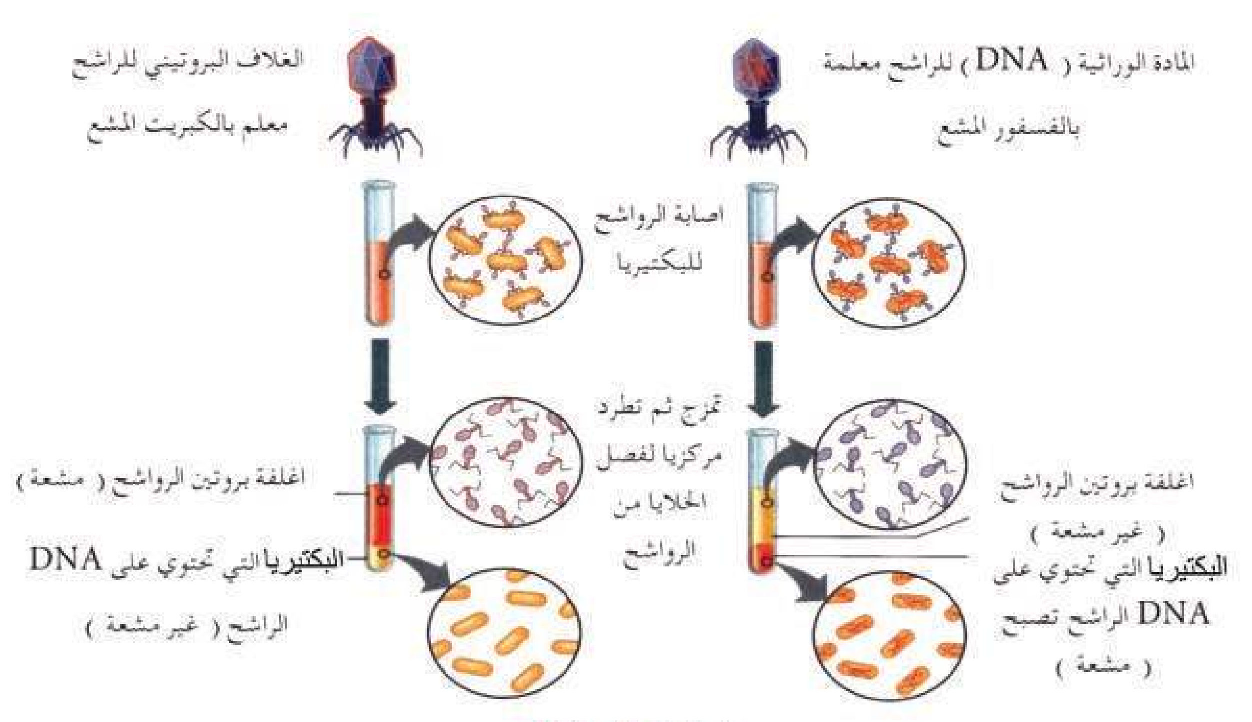
لقد استدل العلماء على ثلاث دراسات تثبت بأن الـDNA هو المادة الوراثية :

1 تجارب كريفيث على البكتيريا حيث بينت بأن هناك عاملاً وراثياً كان معنياً بالتحول (Transformation) ، حيث استطاع من نقل قابلية القتل بين انواع من الخلايا البكتيرية

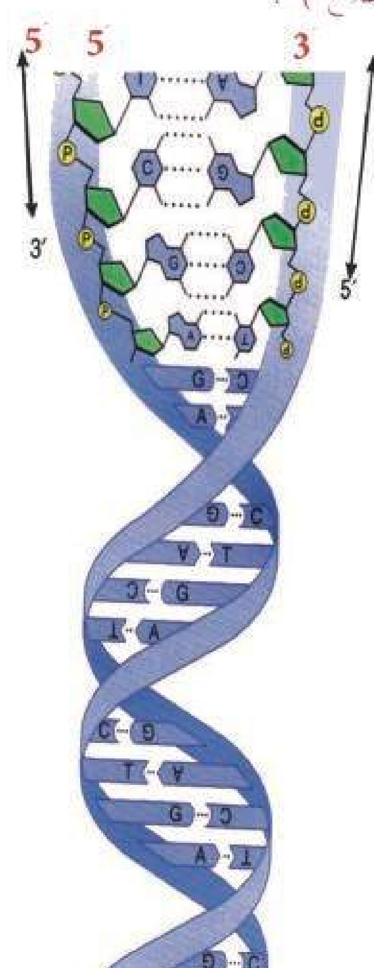
2 تجارب افري (Avery) لقد بينت هذه التجارب بأن الـDNA وليس البروتين هو المسؤول عن التحول في البكتيريا .

3 تجارب هيرشي وشيس (Hershey and Chase) لقد اجرى هذان الباحثان عام (1952م) اختباراً وذلك لمعرفة ما اذا كان الـDNA ام البروتين هو المادة الوراثية التي تنقلها الرواشح او ملتهمة الجراثيم (بلعم البكتيريا Bacteriophages) . يمكن توضيح هذه التجربة (بالشكل 5 - 35) كما يمكن اختصارها بثلاث خطوات :

- تم استخدام نظائر مشعة وذلك لتمييز الـDNA عن البروتين في الراشح ، فالفسفور المشع P^{32} استخدم للـDNA بينما الكبريت المشع S^{35} استخدم للبروتين . بعدها ترك الباحثان كل من الرواشح التي تحتوي على الفسفور المشع وتلك التي تحتوي على الكبريت المشع كل على انفراد تصيب بكتيريا القولون (*Escherischia coli*) .
- تم ازالة اغلفة الرواشح عن الخلايا بوساطة خلاط معين .
- فصلت الرواشح عن البكتيريا باستخدام آلة الطرد المركزي (Centrifuge) . لقد كانت النتيجة بان جميع DNA الرواشح والقليل من البروتين قد دخلا الى البكتيريا . وبناء على ذلك فقد تم الاستنتاج بان جزء الراشح الذي اصاب الخلية البكتيرية وتضاعف فيها هو حامضه النووي وليس بروتينه .



الشكل (5 - 35) .
تجربة هرشي وشيس تبين بان الـ DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين (للاطلاع) .



5 - 5 - 2 . تركيب الـDNA :

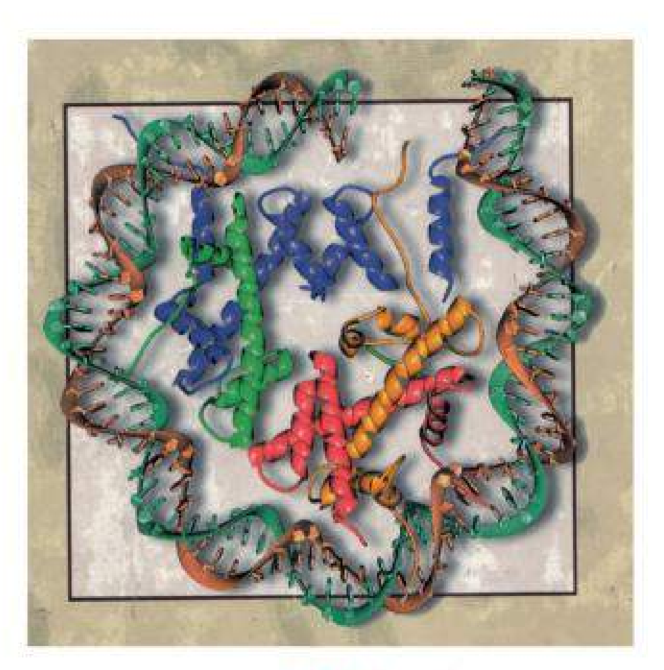
لغاية عام (1953م) كان علماء الحياة يؤيدون فكرة كون ان الDNA هو المادة الوراثية ولكنهم قبل ذلك الوقت كانوا يجهلون تركيبه ، عندئذ توصل العالمان واتسون (Watson) وكريك Crick الى وضع نموذج لتركيبه ، حيث انه مركب بصورة مبسطة من سلسلتين متعاكستين (Antiparallelism) تلتف احدهما حول الاخرى على شكل حلزون مزدوج وترتبط القواعد النتروجينية لأحدى السلسلتين مع القواعد ذات العلاقة (المتممة) في السلسلة المقابلة بوساطة اواصر هيدروجينية ، كما ترتبط حلقات السكر ومجاميع الفوسفات في كل من السلسلتين بأواصر تساهمية . شكل (5 - 36) .

الشكل (5 - 36) . يبن اتجاه سلسلتي الـ DNA . ان التعاكس في هاتين السلسلتين يرجع الى اتجاه سكر الرايبوز منقوص الاوكسجين . لاحظ ان نصف الحلزون المزدوج يتجه من 5 الى ذرة الكاربون رقم 3 بينما يتجه النصف الاخر بالعكس (للاطلاع) .

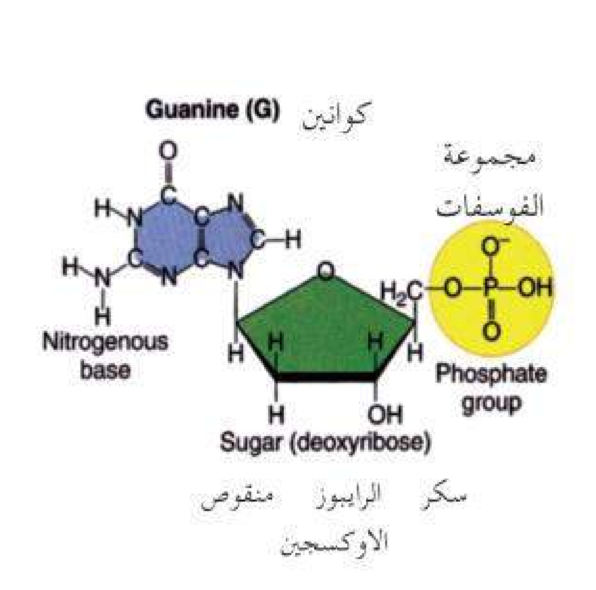
يعتبر الحامض النووي الرايبوزي منقوض الاوكسجين (Deoxyribonucleic acid (DNA مركب **كيميائي** معقد التركيب ، يوجد في جميع الاحياء ويعتبر ذا اهمية كبيرة لها . ويوجد بصورة رئيسية في النواة ضمن الكروموسومات التي تنشأ من الشبكة الكروماتينية ، ومادة الكروماتين تتشكل من وحدات من النيوكليوسوم (Nucleosome) والتي تتركب بدورها من اربع جزيئات هستونية توجد كل منها بحالة مزدوجة علماً بأن جزيئ الـDNA يحتضن هذا التركيب شكل (5 - 37أ) .

يوجد الـDNA ايضاً في بعض العضيات السايتوبلازمية كالمايتوكوندريا والبلاستيدات .

تُعد جزيئات هذا الحامض اكبر الجزيئات الحياتية المعروفة ، فكما ان السكريات المتعددة مؤلفة من عدد من الوحدات او الجزيئات الصغيرة وهي السكريات الاحادية ، وان البروتينات مؤلفة من عدد من الوحدات او الجزيئات الاصغر وهي الاحماض الامينية ، فأن الاحماض النووية مؤلفة من عدد كبير من الوحدات البنائية المتكررة تُعرف بالنيوكليوتيدات (Nucleotides) . يتألف كل نيوكليوتيد من ثلاث جزيئات ابسط مرتبطة ببعضها بصورة مباشرة (شكل 5 - 37ب) وهي من الخارج الى الداخل كالآتي :



(أ) (للاطلاع) .





(ب) (للاطلاع) .

شكل (5 - 37) (أ) تركيب النيوكليوسوم (ب) تركيب نيكلوتيدة الـDNA . لاحظ السكر الخماسي الكاربون ومجموعة الفوسفات والقاعدة النتروجينية العضوية (G او A , C , T) .

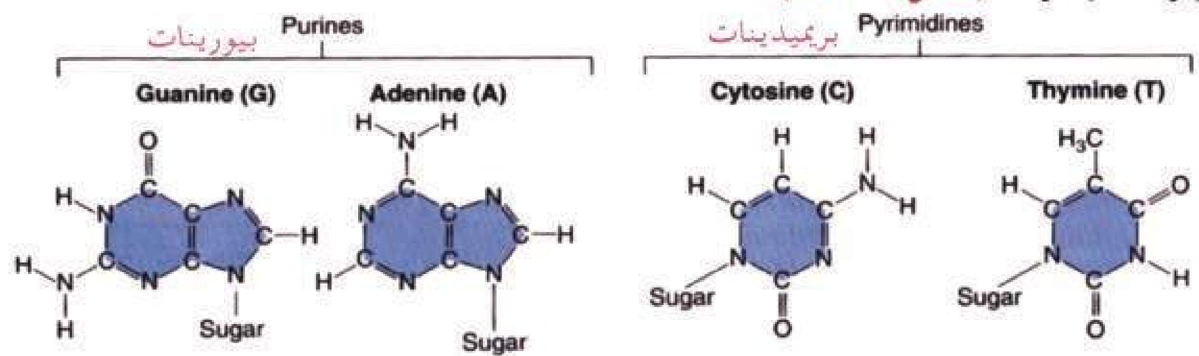
1 سكر خماسي الكاربون والمسمى بالرايبوز منقوص الاوكسجين (**Deoxyribose**) والذي صيغته الجزيئية ($C_5H_{10}O_4$) .

2 مجموعة فوسفاتية : وتتكون من ذرة فسفور (**P**) مرتبطة باربع ذرات اوكسجين (**O**) .

وتشكل الجزيئات المتبادلة للفوسفات والسكر جانبي سلسلة الـDNA اذ ترتبط النيوكليوتيدات الموجودة على طول كل سلسلة بروابط تساهمية (**Covalent Bonds**) تجمع بين سكر احد النيوكليوتيدات والمجموعة الفوسفاتية للنيوكليوتيد المجاور . والرابطة التساهمية هي اتحاد ذرتين نتيجة لمساهمة كل منهما بالالكترون . ان السكر والفوسفات يكونان متطابقين في كل نيوكليوتيد .

3 قاعدة نتروجينية (**Nitrogenous Base**) وهي مركب حلقي يحتوي على النتروجين بالاضافة الى الكاربون والهيدروجين والاوكسجين عدا الادنين التي لاتحتوي على الاوكسجين . تعتبر المسافة بين كل قاعدة والاخرى المجاورة لها ثابتة (3,4 انجستروم) .

ويوجد منها نوعان (شكل 5 - 38) :



شكل (5 - 38) التركيب الكيميائي للبريميدينات والبيورينات والتي توجد كقواعد نتروجينية في الـDNA والـRNA ماعدا الثايمين في الحامض الاخير (للاطلاع) .

انواع القواعد النتروجينية :-

(أ) البريميدينات (Pyrimidines) وتشمل القواعد الاعتيادية الآتية :

1 الثايمين **Thymine** (**T**) ويوجد في الـDNA فقط .

2 السايتوسين **Cytosine** (**C**) ويوجد في كلا الحامضين .

3 اليوراسيل **Uracil** (**U**) يوجد في الـRNA فقط .

(ب) البيورينات (Purines) وتشمل القاعدتين :

1 الادنين **Adenine** (**A**) .

2 الكوانين **Guanine** (**G**) .

يوجدان في كل من الحامضين **DNA** و **RNA** .

ان ارتباط القواعد بين السلسلتين لايكون عشوائياً ، بل مقيداً ، فالأدنين في احدى السلسلتين يرتبط دائماً مع الثايمين في السلسلة الأخرى بآصرتين هيدروجينيتين ويرتبط السايتوسين في احدى السلسلتين مع الكوانين في السلسلة الاخرى بثلاث اواصر هيدروجينية(Hydrogen Bonds) .

مع العلم انه تم التوصل عام (1949م) من قبل العالم شارجاف بأن النسبة المئوية للادنين تساوي النسبة المئوية للثايمين ، كما ان النسبة المئوية للكوانين تساوي النسبة المئوية للسايتوسين في الـDNA لمجموعة متنوعة من الكائنات الحية وتسمى ازواج القواعد هذه بأزواج القواعد **المتممة** (Complementary base pairs) . اي ان ترتيب القواعد في سلسة واحدة من جزيء الـDNA او الـRNA يكون متمماً لتركيب القواعد في السلسلة المقابلة. مثلاً اذا كانت سلسلة الـDNA ذات الترتيب AGAC فأن السلسلة المقابلة يجب ان تكون بالتتابع **المتمم** TCTG .

ان ازواج القواعد **المتممة** ذات اهمية كبيرة في تركيب ووظيفة الـDNA وذلك لسببين :

1 لأن الاواصر بين ازواج القواعد تساعد على تماسك سلسلتي الـDNA .

2 لأن الطبيعة **المتممة** للـDNA تساهم في تفسير كيفية تضاعفه قبل عملية انقسام الخلية .

مثال : اذا علمت بأن تتابع القواعد في احدى سلسلتي الـDNA هي :

TCT GTG GAC فكيف تكون القواعد **المتممة** لها في السلسلة المقابلة ؟

الحل /

تتابع القواعد المعطاة (في السؤال) TCT GTG GAC

التتابع المكمّل في الجواب AGA CAC CTG

يتضح مما سبق بأن الـDNA يعتبر في غاية الأهمية لأنه المادة المكونة للمورثات ، حيث ان تسلسل القواعد النتروجينية فيه هو الذي يحدد صفات الاحياء .

5 - 5 - 3 . تركيب الـRNA ووظائفه .

يوجد الحامض النووي الرايبوزي (RNA) Ribonucleic acid في النواة وفي السايتوبلازم كما هو الحال في النوية وفي الرايبوسومات وفي تراكيب اخرى . قد يكون هذا الحامض المادة الوراثية لبعض الرواشح (الفيروسات) ، كما انه يعتبر ذو اهمية كبيرة في عملية بناء البروتين بما في ذلك الانزيمات. يشبه هذا الحامض قرينه حامض الـDNA من حيث وحدات البناء الكيميائي إلا في جوانب محدودة يمكن ايجازها كالآتي :

1 يحتوي الـRNA على سكر الرايبوز $C_5H_{10}O_5$ بدلاً من سكر الرايبوز منقوص الاوكسجين $C_5H_{10}O_4$ الموجود في الـDNA .

2 يحتوي على القاعدة النتروجينية يوراسيل بدلاً من القاعدة ثايمين الموجودة في الـ DNA .

3 يتكون عادة من سلسلة واحدة وليس من سلسلتين كما في الـDNA . الا ان بعض اجزاء الـRNA قد تنثني لتصبح ثنائية السلسلة وفيها يرتبط اليوراسيل مع الادنين والسايتوسين مع الكوانين.

4 ان الـRNA قصير (يعادل طول مورث واحد) تقريباً ، في حين يعتبر الـDNA جزيء عملاق يحتوي على المئات او الآلاف من المورثات .

5 يحمل الـRNA تعليمات بناء البروتين بينما يقتصر الـ DNAعلى اعطاء المعلومات فقط .

6 بامكان الـRNA ان يتصرف كانزيم، بينما لايمكن للـDNA ان يقوم بوظيفة انزيمية د.

انواع الـRNA :

سنتطرق الى ذكر ثلاثة انواع من الـRNA وجميعها تُصنع في نواة الخلية وتنقل الى السايتوبلازم، حيث ان لها دور في بناء البروتين وهي :

(1) mRNA المراسل Messenger RNA :

وهو جزيء ينقل رسالة وراثية من DNA الموجود في النواة الى الرايبوسومات الموجودة في السايتوبلازم وذلك في خلايا حقيقة النواة .

(2) rRNA الرايبي الرايبوسومي Ribosomal RNA :

وهو جزء من تركيب الرايبوسومات حيث يشترك مع البروتين في تكوينها .

(3) tRNA الناقل Transfer RNA :

ويقوم بنقل الاحماض الامينية الى الرايبوسوم لبناء البروتين . حيث لوحظ ان الاحماض الامينية ترتبط بهذا الحامض الـtRNA قبل ان يوصلها الى الرايبوسوم .

الشفرة الوراثية والـ mRNA :

الشفرة الوراثية (Genetic code) تشير الى تتابع القواعد النتروجينية في الـ mRNA، حيث ان ثلاث نيوكليوتيدات متجاورة تمثل كودون وتحدد حامضاً امينياً او تشير الى بداية Initiation او ايقاف Stop الترجمة .

5 - 5 - 4 . تضاعف الـDNA :

ان الميزة الرئيسية للمادة الوراثية DNA هي قابليتها على التضاعف في بداية كل انقسام خلوي وذلك لضمان انتقاله الى الخلايا الجديدة .

خطوات التضاعف :

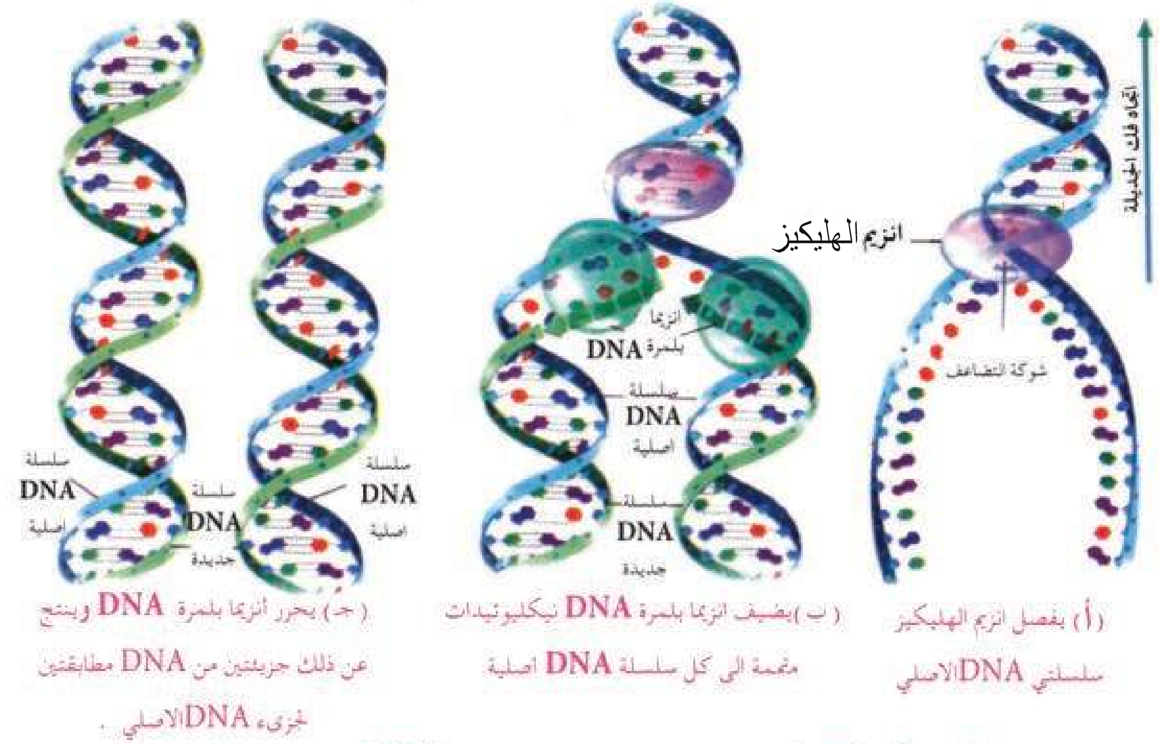
1 تفصل انزيمات الهليكيز Helicase سلسلتي الـDNA حيث تنتقل هذه الانزيمات على طول هذا الجزيء لغرض فك الاواصر الهيدروجينية بين القواعد المتممة . تنتج عن انفصال هاتين السلسلتين منطقة تشبه شكل الحرف Y والتي يطلق عليها شوكة التضاعف Replication fork (شكل 5 - 39أ) .

2 تقوم انزيمات بلمرة الـ DNA (DNA Polymerase) باضافة نيوكليوتيدات متممة موجودة داخل النواة الى كل من السلسلتين الاصليتين ، وبالطبع تتكون اواصر تساهمية بين النيوكليوتيدات الجديدة المتجاورة كما تتكون الاواصر الهيدوجينية بين القواعد المتممة والموجودة على السلسلتين الاصلية والجديدة (شكل 5 - 39ب) .

لاحظ من اتجاه السهمين في هذا الشكل وعند شوكة التضاعف بأن بناء الـDNA يكون بأتجاه معكوس في كل سلسلة مما يؤدي ذلك الى احداث ثغرات في السلسلة التي يتم بنائها حديثاً غير ان هذه الثغرات تُربط فيما بينها بوساطة انزيم لاحم يطلق عليه (DNA Ligase) .

3 تقوم انزيمات بلمرة الـDNA بأنهاء عملية التضاعف ثم تنفصل عنه وينتج عن ذلك جزيئان منفصلان في كل سلسلة احدهما اصلياً والآخر جديداً لذا يطلق على هذا النوع من التضاعف بالتضاعف شبه المحافظ (Semi-conservative Replication) (شكل 5 39-ج) .

تتم عملية التضاعف بشكل دقيق بحيث قد تحدث طفرة واحدة لكل مليار من ازواج القواعد المضافة والسبب هو لوجود انزيمات بلمرة الـDNA والتي تقوم غالبا بترميم الخطأ .



(أ) يفصل انزيم الهليكيز سلسلتي الـDNA الاصلي

(ب) يضيف انزيما بلمرة DNA نيكليوتيدات متممة الى كل سلسلة DNA اصلية

(جـ) يحرر أنزيما بلمرة DNA وينتج عن ذلك جزيئتين من DNA مطابقتين لجزيء الـDNA الاصلي .

شكل (5 – 39 أ،ب،ج) . خطوات تضاعف الـDNA (للاطلاع) .

5 – 5 – 5 . الحامض DNA وقابليته على نسخ الـ RNA :

النسخ (Transcription) هو عملية بناء RNA باستخدام سلسلة واحدة من الـDNA كقالب (Template) (شكل 5 – 40) . ويعتبر النسخ المرحلة الاولى من عملية بناء البروتين وفيما يلي خطوات النسخ :

1 يرتبط الانزيم المتعدد البوليمر لـ RNA (RNA Polymerase) وهو انزيم يحفز انتاج RNA من قالب الـDNA في موقع الابتداء (Promoter[1]) ويؤدي ذلك الى حل التفاف سلسلتي الـDNA وانفصالهما .

2 يضيف الانزيم المتعدد البوليمر للـRNA نيوكليوتيدات RNA الحرة الى جانب النيوكليوتيدات الموجودة في احدى سلسلتي الـDNA وينتج عن ذلك سلسلة جزيء الـRNA الجديد . وكما هو الحال في تضاعف الـDNA اذ تحدد ازواج القواعد المتممة تتابع النيوكليوتيدات في الـRNA الذي تم انجازه حديثاً. على سبيل المثال اذا كان تتابع القواعد في سلسلة الـDNA هي C A G C T A فأن تتابع القواعد في سلسلة الـRNA سيكون كالآتي :

تتابع القواعد في سلسلة الـ DNA <u>CAG CTA</u>

تتابع القواعد في سلسلة الـ RNA <u>GUC GAU</u>

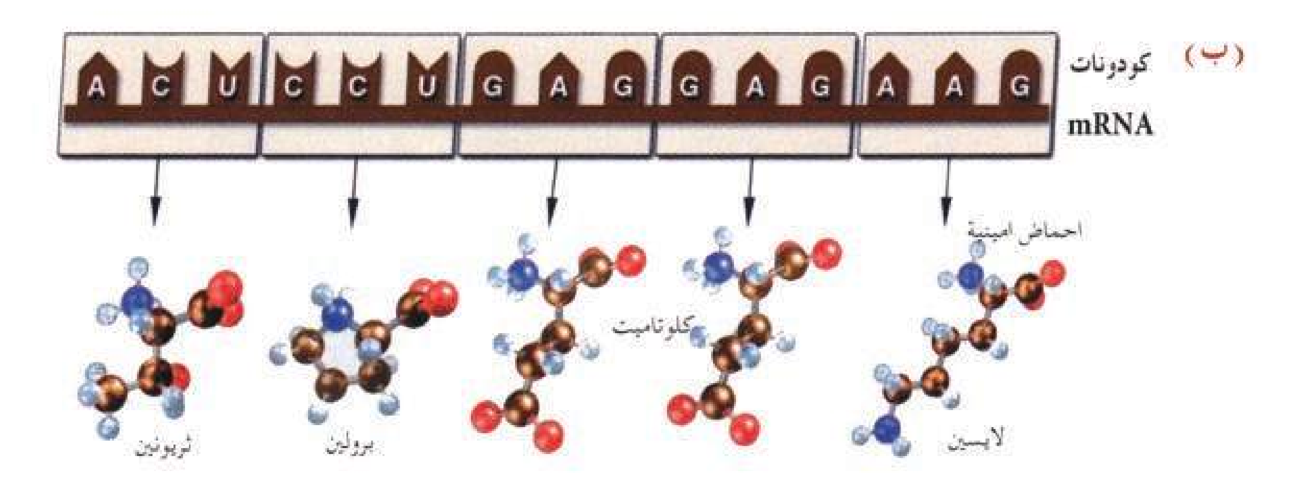
---

[1] المحفز (موقع الابتداء) Promoter هو تسلسل قياسي من النيوكليوتيدات يوجد قرب بداية المورث ويمتلك وظيفة تنظيمية ، حيث يرتبط به انزيم بلمرة الـ RNA وذلك قبل الشروع بعملية النسخ

وبعد مغادرة انزيم بلمرة الـRNA منطقة المورث الذي تم استنساخه تلتف سلسلتا الـDNA من جديد .

3 بعد وصول انزيم بلمرة RNA الى اشارة انتهاء فأنه يحرر RNA جديد بمختلف انواعه .

يمكن للـRNA الناتج ان يقوم بوظيفته في الخلية (شكل 5 - 40) . اما بالنسبة للآنزيم فبأمكانه ان ينسخ مورثاً آخراً .



شكل (5 - 40) . يبين الخطوات من المورثات الى تكوين الاحماض الامينية

(أ) النسخ ويبين أن شريط الـDNA يكون غير ملفوف . (ب) يبين ان كل ثلاث قواعد نيوكليوتيدية تساوي شفرة واحدة (Codon) وكل كودون يستدعي حامض اميني واحد في سلسلة عديد الببتيد (للاطلاع) .

5 - 5 - 6 . ترجمة الـDNA لبناء البروتين :

تعتبر الترجمة (Translation) الخطوة الاخيرة في عملية بناء البروتينات وتحدث في الرايبوسومات ويتمفيها استخدام الشفرات (Codons) في جزيئات الـmRNA لتحديد تتابع الاحماض الامينية في سلسلة متعدد الببتيد وتتضمن ثلاث خطوات رئيسية :

(1) طور البدء (Initiation) :

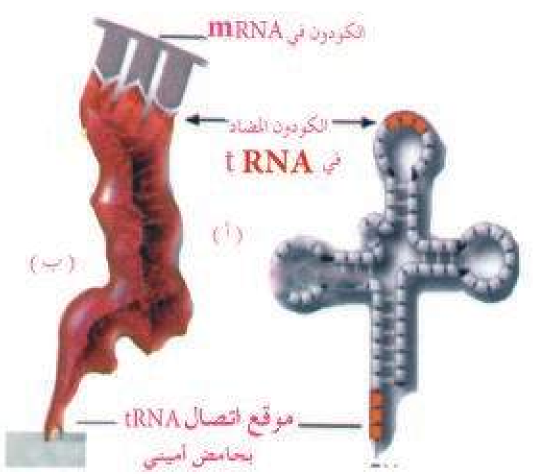
يرتبط الـtRNA مع الـmRNA والوحدتين البنائيتين للرايبوسوم* بعضها مع البعض الآخر. وترتبط انزيمات معينة الحامض الاميني مثيونين عند احدى طرفي الـtRNA وذلك وفقاً لكودون البدء AUG في الـmRNA والذي يزدوج بالكودون المضاد UAC في الطرف الآخر للـtRNA (شكل 5-14)
يعتبر المثيونين الحامض الاميني الاول في جميع عديد الببتيد تقريباً غير انه قد يُزال لاحقاً .

(2) طور الاستطالة (Elongation) :

وفي هذا الطور يتم تشكيل سلسلة عديد الببتيد ، اذ يزدوج الكودون المضاد في tRNA الذي يحمل الحامض الاميني المناسب مع الكودون الثاني في mRNA ، يلي ذلك انفصال المثيونين عن الـtRNA الاول بفعل الرايبوسوم، ثم تتشكل آصرة ببتيدية بين المثيونين والحامض الاميني الثاني، كذلك يغادر tRNA الاول الرايبوسوم ويتقدم الاخير (الرايبوسوم) على طول جزيء الـmRNA مسافة كودون واحد . .

(3) طور الانهاء (Termination) :

عند وصول الرايبوسوم الى كودون ايقاف مثل (UAA او UAG او UGA) على الـmRNA فيؤدي ذلك الى انفصال سلسلة عديد الببتيد المتكونة عن آخر tRNA وحدوث تحرر في السايتوبلازم مع مغادرة آخر tRNA للرايبوسوم ، كما تنفصل الوحدتان البنائيتان للرايبوسوم عن بعضهما ويبتعد الرايبوسوم عنmRNA .



شكل (5 – 41) . (أ) الاشكال التركيبية الموجودة في جميع انواع الـtRNAs (ب) نموذج مبسط لـ tRNA يشير الكلاب في نهايته السفلى الى الموقع الذي يتصل عنده حامض اميني معين (للاطلاع) .

* يتكون الرايبوسوم من وحدتين احدهما صغيرة والاخرى كبيرة ويحتوي كل منهما على حامض RNA وبروتين ويعتبر موقع لترجمة كودونات الـ mRNA الى تسلسل من الاحماض الامينية لسلسلة عديد الببتيد .

ان ترجمة الـmRNA لاتتم الا بعد انتهاء عملية النسخ السالفة الذكر وذلك في الكائنات الحقيقية النواة . اما في الكائنات البدائية النواة والتي لاتمتلك غلاف نووي يفصل حامضها النووي DNA عن الرايبوسومات الموجودة في السايتوبلازم فيمكن ان تبدأ الترجمة قبل انتهاء النسخ .
بما ان رايبوسوماً جديداً يباشر ترجمة الـmRNA وذلك حال تقاعد السابق ، لذلك يمكن لعدة رايبوسومات ان تترجم نفس النسخة من الـmRNA ويطلق على هذا النوع من الترجمة اسم متعددة الرايبوسومات **Polysome** .

تركيب ووظيفة البروتين :

لشكل البروتين تأثير كبير على الوظيفة التي يقوم بها . فكل بروتين يتكون من عديد ببتيدات واحد او اكثر والتي هي سلاسل من الاحماض الامينية وترتبط بروابط ببتيدية . يوجد في بروتينات الكائنات الحية (20) حامضاً امينياً مختلفاً . ان سلسلة عديد الببتيد مكونة من المئات بل الآلاف من الاحماض الامينية العشرين المختلفة والمرتبة وفق تتابع خاص يعطي التركيب الثلاثي الأبعاد للبروتين .

5 - 5 - 7 . الهندسة الوراثية (Genetic Engineering) .

هي تقنية تغير التركيب الوراثي للخلايا الحية او الافراد من خلال ازالة بعض الجينات او تهجين جزيئات DNA جديدة منها او تحويرها بغية تمكين الخلية او الكائن من اكتساب الصفة المرغوبة وفيما يلي المستلزمات الاساسية لتقنية الهندسة الوراثية :

1. طريقة لتقطيع جزيئات الـ DNA الذي يحمل المورث المراد نقله وذلك بوساطة احدى الانزيمات القاطعة (**Restriction Enzymes**) .
2. ناقل مناسب يحمل القطعة الجديدة من الـDNA ويتم ذلك من خلال اتحادها مع DNA الناقل بمساعدة انزيم لاحم* **DNA Ligase** بحيث تمتاز القطعة المهجنة (**rDNA**) بقابليتها على التضاعف داخل خلية المضيف .
3. وسيلة لادخال القطعة المهجنة من (**rDNA**)** (وبضمنها) القطعة الحاملة للمورث المراد نقله) الى خلية المضيف .
4. طريقة للكشف عن خلية المضيف واجيالها الحاملة للقطعة الهجينة المرغوبة وعزلها عن بقية افراد المستعمرة او العشيرة التي لاتحتوي على تلك القطعة .

---

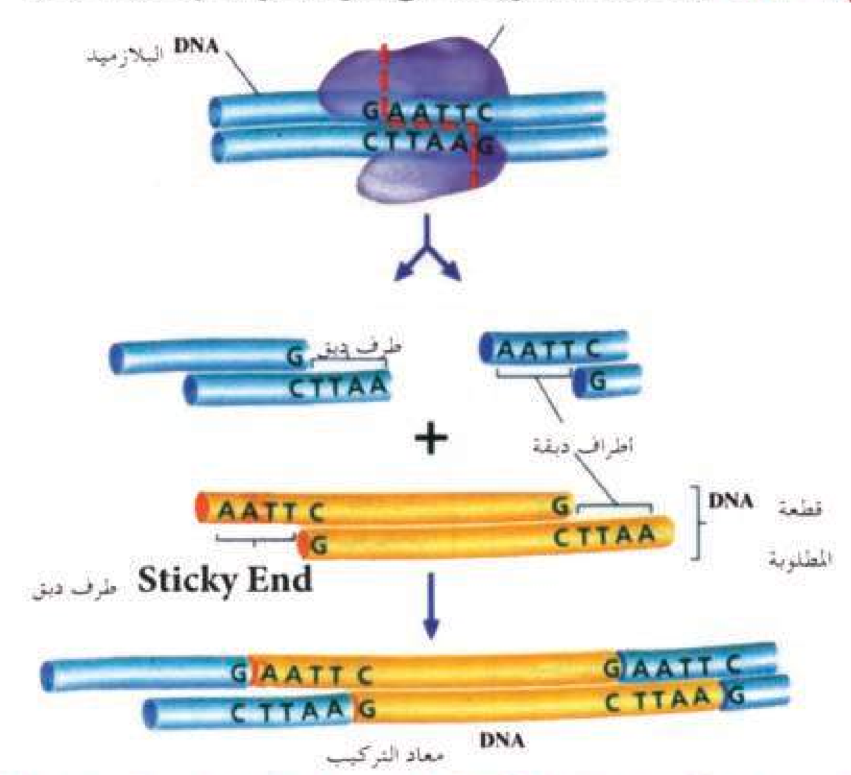
* الانزيم اللاحم : هو الانزيم الذي يحفز تكوين الاواصر التساهمية Covalent bonds في الهيكل السكري الفوسفاتي للحوامض النووية .

** DNA r هو جزيء DNA يتشكل من التصاق اثنين من الجزيئات غير المتجانسة . ويطلق عادة على جزيئات الـ DNA المنتجة خارج جسم الكائن الحي وذلك من خلال ربط جزيئات الـ DNA لكائنين مختلفين

فيما يأتي نبذة عن بعض هذه المستلزمات :

(1) الانزيمات القاطعة (Restriction Enzymes) :

هي بروتينات بكتيرية تستخدم للتعرف على تتابعات معينة من القواعد النتروجينية لجزيء الـDNA وتقطعها (شكل 5 - 42) كما تعمل هذه الانزيمات على كسر الاصرة الفوسفاتية الداخلية للـ DNA .



شكل (5 - 42) يبين عمل الانزيم القاطع Eco RI ، اذ يتعرف على التتابع السداسي G A A T T C الموجود في شريطي الـDNA المتكاملين ويقطع كل تتابع بين القاعدتين G, A والموضح باللون الاحمر (للاطلاع) .

(2) النواقل : للنواقل دورٌ رئيسيٌ في هذه التقنية ومن اهمها ما يأتي :

اولاً : البلعم البكتيري (العاثي او اللاقم) :

العاثيات (Phages) وهي اشياء بسيطة التركيب تصيب البكتيريا وتحللها او تبقى خاملة . تحتوي على اشرطة DNA مزدوجة او مفردة او قد تحتوي على RNA مفرد . مثال على ذلك العاثي لامبدا .

ثانياً : البلازميد Plasmid :

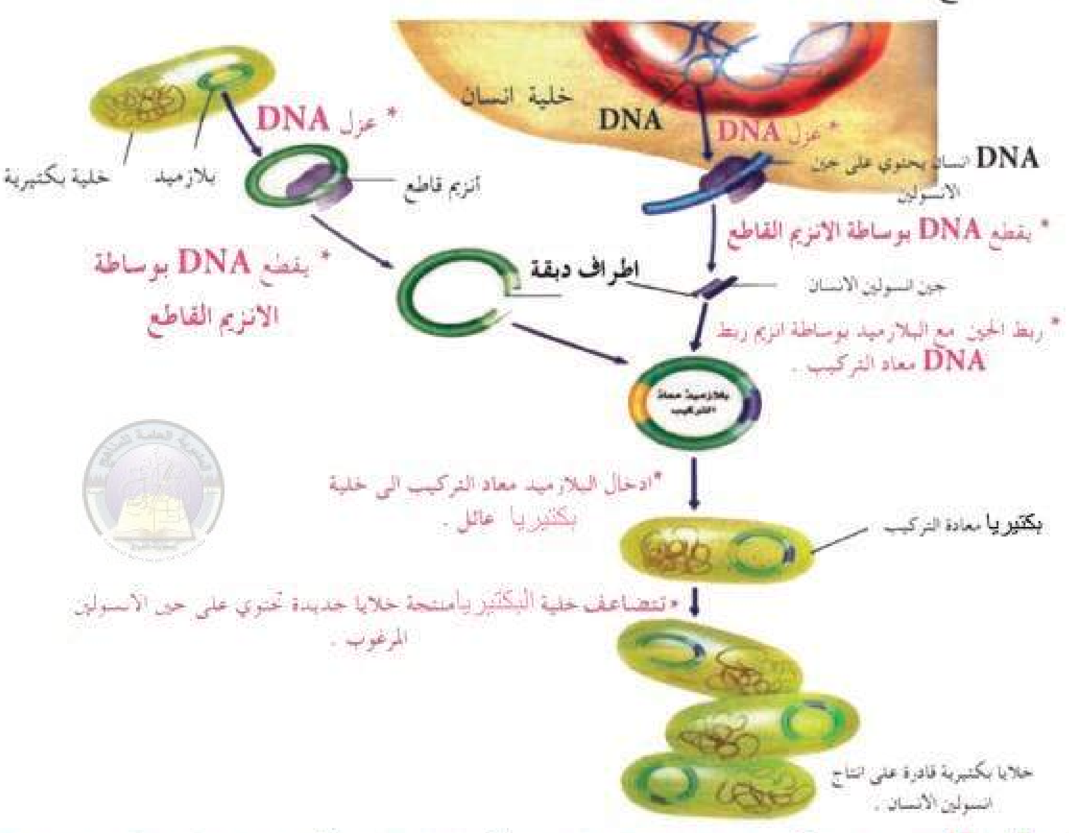
وهو جزيء دائري صغير من الـDNA الاضافي الذي يوجد في العديد من البكتيريا

شكل (5 - 43) ومن اهم مميزاته ما يلي :

- يحمل عدد قليل من الجينات المسؤولة عن بعض الصفات كصفة مقاومة **البكتيريا** للمضادات الحياتية .
- يتضاعف ذاتياً وبصورة مستقلة عن كروموسوم **البكتيريا** .
- يمكن نقله من **بكتيريا** الى اخرى وللعديد من الكائنات كالخمائر والفطريات والحشرات .

(3) المجس (المسبار) Probe والكشف عن الجين المرغوب :

المجس هو جزيئة **DNA** او **RNA** احادية السلسلة ومعلَّمه بنظير الفسفور المشع ومكمله لتتابع الـ**DNA** المرغوب والمطلوب الكشف عنه، اذ انه نتيجة لارتباط المجس مع قطعة الـ**DNA** المكملة سيتكون حلزون مزدوج مشع. وبالنسبة لجين الانسولين المُعطى في (شكل 5 - 43) يعتبر المجس بمثابة الـ**RNA** لهذا الجين . وعادة يقوم المختصون بنقل **DNA** من **البكتيريا** معادة التركيب الى ورق ترشيح وذلك لغرض معرفة **فيما** اذا كانت تلك **البكتيريا** تحتوي على الجين المرغوب، وعند النظر الى تلك **البكتيريا** وهي تحت الاشعة فوق البنفسجية او عند تعريضها لفيلم فوتوغرافي فان الخلايا المستنسلة (**Clones**) التي تحمل الـ**DNA** المرغوب والمميز بالمجس الملتصق به ستصبح مضاءة وبراقة .



شكل (5 - 43) . يبين امكانية توجيه خلايا البكتيريا لانتاج انسولين الانسان عن طريق اكتسابها بلازميد معاد التركيب (للاطلاع) .

5 - 5 - 7 - 1 . التطبيقات الوراثية :

1 تحديد تتابع نيوكليوتيدات الجينيوم البشري الكامل لمعرفة الخارطة الوراثية .

2 استخدامها في الميدان القضائي .

3 استخدامها في مجال تعقب هجرة الانسان وبعض الكائنات الاخرى من بيئاتها ولاسيما تلك المهددة بالانقراض .

4 انتاج هورمون الانسولين البشري ومادة الانترفيرون البروتينية وعامل التخثر رقم (8) وبروتينات الدم واللقاحات المختلفة .

5 نقل صفة تثبيت النتروجين الى انواع اخرى من البكتيريا .

6 نقل صفة تكوين العقد الجذرية في البقوليات الى محاصيل اخرى مهمة اقتصادياً .

7 تطوير ابحاث استخدام البكتيريا في مجال البحث عن تواجد وتنقية وتركيز المعادن في التربة .

8 تطوير مقدرة الكائنات المجهرية في الحد من بعض مخاطر التلوث .

9 تطبيق انظمة الانتخاب في تزاوج سلالات الابقار والاغنام والخيول والدواجن والاسماك وغيرها .

10 تطبيق مفاهيم الوراثة كالانتخاب الاصطناعي والتهجين والتوالد المُنظم وذلك لانتاج نباتات نافعة للانسان وبكميات وفيرة وكذلك استغلال ظاهرة التوائم في الابقار والاغنام لانتاج حيوانات نافعة .

أسئلة الفصل الخامس

س1/ عرف كلاً مما يأتي :

علم الوراثة ، التهجين الاحادي ، الهجين ، قانون مندل الاول ، الانزيمات القاطعة ، المجس ، **rDNA** ، الصفة المرتبطة بالجنس ، الجينات المميتة .

س2/ عدد السمات التي اتصف بها العالم مندل والتي جعلته رائداً في علم الوراثة ؟

س3/ عدد بعض العلماء الذين ساهموا في تقدم علم الوراثة مع الاشارة الى اهم انجازاتهم ؟

س4/ مالمقصود بالطراز المظهري والطراز الوراثي مع اعطاء مثال ؟

س5/ رجل ذو عينين زرقاوين فاتحتين تزوج من امراءة سوداء العينين (بنية غامقة) فانجبا عدد من الابناء جميعهم ذو عيون بنية فاتحة . بين الطراز الوراثي لجميع افراد هذه الأسرة علماً ان توارث لون العيون في الانسان يخضع لتأثير زوجين من الجينات المتعددة ؟

س6/ ضرب نبات بزاليا احمر الازهار – بآخر ابيض الازهار فكانت جميع النباتات الناتجة حمراء الازهار ولو أجري تلقيح لأحد افراد الجيل الاول مع احد الابوين فماهي الطراز الوراثية والمظهرية لافراد الجيل الثاني ومانوع التضريب في هذه الحالة ؟

س7/ ضرب خنزير غيني خشن الشعر اسود اللون بأنثى خشنة الشعر بيضاء اللون فانجبا عدد من الولادات موزعة كالآتي : **3 / 8** خشن اسود ، **3 / 8** خشن ابيض ، **1 / 8** ناعم اسود ، **1 / 8** ناعم ابيض ، فما هي الطرز الوراثية للابوين والأفرد الناتجة ؟ علماً ان صفتي خشونة الشعر واللون الاسود سائدتان .

س8/ في الفئران الصفراء (**Yy**) يكون الاليل (**Y**) مميتاً ، وعند اجراء تزاوج داخلي بينها تموت جميع الافراد الصفر النقية . بيّن النسبة المظهرية لجميع الافراد الاحياء فقط .

س9/ اجريَ تزاوج بين كلاب مكسيكية ذات شعر اعتيادي بأخرى عديمة الشعر فكان نصف افراد الجيل الاول ذات شعر اعتيادي والنصف الآخر عديمة الشعر وعند اجراء تزاوج بين كلاب عديمة الشعر كان افراد الجيل الناتج بالنسب المظهرية الآتية: **1 / 4** شعر اعتيادي : **1 / 2** عديمة الشعر : **1 / 4** عديمة الشعر ميتة. المطلوب تفسير هذه النتيجة مع اجراء التضريبات اللازمة .

س 10 / في ذبابة الفاكهة يعطي التلقيح (منفرج الجناحين X منفرج الجناحين) نسلاً بنسبة 2 منفرج الجناحين : 1 عادي الجناحين (منطبق الجناحين) ، كما يعطي التلقيح (منفرج الجناحين X عادي الجناحين)نسلاً بنسبة 1 منفرج الجناحين :1 عادي الجناحين . كيف تفسر هذه النتائج ؟ علماً ان صفة منفرج الجناح سائدة ؟

س 11 / عدد مميزات او خصائص الاحياء المستخدمة في تجارب الوراثة ؟

س 12 / تزوج رجل اعسر اليد مصاب بنزف الدم الوراثي من امرأة يمناء اليد وحاملة للمرض . فكان نصف الأبناء الذكور مصابين ونصف البنات حاملات للمرض، كما انجبا ضمن هذا النسل ولدين **سليمين** كان احدهما اعسر . ماهي الطرز الوراثية المحتملة لجميع افراد هذه العائلة علماً ان صفة استخدام اليد **اليمنى** وصفة عدم الاصابة بنزف الدم الوراثي يرجعان الى جينين (مورثين) سائدين؟

س 13 / ان مرض عمى الالوان الاحمر- الاخضر يرجع الى مورث متنحي مرتبط بالجنس ، فاذا تزوجت امرأة مصابة من رجل **سليم** ، فماهي الطرز المظهرية المتوقعة لاولادهما بالنسبة لهذه الصفة ؟

س 14 / مالطرز المظهرية والوراثية لمجاميع الدم لذرية (ابناء) كل من الزوجين الآتيين :

ا. I^AI^B X I^Bi .

ب. I^Bi X I^Bi

جـ .رجل **A** هجين **X** امراة نقية **B** .

د .رجل Rh^- **X** امرأة Rh^- .

س 15 / تزوج رجل فصيلة دمه **A** من امرأة فصيلة دمها **B** والعامل الريسي **Rh** لكل منهما موجب فانجبا طفلين احدهما فصلة **O** سالبة والآخر فصيلة **A** موجبة ماهي الطرز الوراثية للابوين والابناء

س 16 / في اي الحالتين تكون حياة الجنين مهددة بالخطر موضحاً السبب عندما يكون الجنين Rh^+

1. عندما يكون الرجل Rh^- والمرأة Rh^-

2 . عندما يكون الرجل Rh^- والمرأة Rh^-

س 17 / اذكر باختصار اسباب فشل عمليات نقل الدم في بعض الحالات ؟

س 18 / فسر (علل) مايأتي :

1. يوصف الافراد ذو مجموعة الدم O بأنهم واهبون عامون .

2. عند تضريب ديك زاحف مع دجاجة زاحفة كان ربع الناتج ميت .

3. ظهور افراد غبارية عند تضريب انثى ماشية قصيرة القرون حمراء الشعر مع ذكر ابيض الشعر .

4. اعتبار المنغولية طفرة كروموسومية .

س 19 / لديك نبات طويل الساق كيف يمكنك التأكد من نقاوة هذه الصفة السائدة فيه ؟

س 20 / هل بالامكان ولماذا ؟

1. انجاب طفل يحمل فصيلة O من ام فصيلة B واب فصيلة AB .

2. نقل الدم من اي شخص الى شخص آخر يحمل نفس المجموعة الدموية .

3. ايجاد عدد غير محدود من الحلائل لكل مورثة .

س 21 / اكتب المورثات المسؤولة عن :

1. الصلع 2. نزف الدم الوراثي 3. ارنب فضي 4. عمى الالوان . 5. فقر الدم المنجلي .

س 22 / اذكر المعضلات التي يواجهها الباحث عند اجراء دراساته الوراثية على الانسان ؟

س 23 / عدد الخطوات التي تتضمنها تقنية الهندسة الوراثية .

س 24 / وضح بالرسم طريقة نقل جين الانسولين في الانسان الى البكتريا والحصول على جين مهجن (معاد التركيب) ؟

س 25 / قارن بين جزيئات الـDNA في كل من النواة والسايتوبلازم.

س 26 / هل تتأثر وظيفة بعض المورثات بالظروف البيئة؟ وضح ذلك بمثال.

س 27 / متى يكون براميسيوم اوريليا قاتلاً ومتى يكون حساساً مع ذكر الطرز الوراثية لكل منهما ؟

س 28 / مالعلاقة بين البلازميد والـ**rDNA** ؟

س 29 / تمثل الرموز الآتية تتابع النيوكليوتيدات في جزيئة الـ**DNA** .

TAC GGT CTC AGC

1 . ماتتابع نسخة الـ**mRNA** الناتجة من التتابع اعلاه ؟

2 . ماهي الكودونات المضادة في **tRNA** التي ترتبط بنسخة الـ**mRNA** اعلاه ؟

س 30 / يعتبر المسبار **Probe** سلسلة لـ**DNA** او **RNA** احادية تم تمييزها بمادة مشعة او بصبغ فلورسنت . كيف يستخدمه علماء الوراثة لتحديد موقع **rDNA** ؟

س 31 / اختر الجواب الصحيح لكل من العبارات التالية :

1 . الوحدة البنائية الاساسية في الـ**DNA** هي :

آ . السكر . ب . النيوكليوتيدة . جـ . الفوسفات . د . الآصرة الهيدروجينية .

2 . يعتبر الـ**DNA** مسؤول عن :

آ . توجيه **RNA** لبناء الدهون ب . توجيه **RNA** لانتاج الكلوكوز .

جـ . تحديد المعلومات لبناء البروتين . د . تغيير الشفرة الوراثية .

3 . **اين يوجد** الـ **RNA** ؟

آ . **في البروتينات فقط .** ب . في النواة فقط .

جـ . **في السايتوبلازم فقط** د . **في السايتوبلازم والنواة.**

4 . اي من الاحماض النووية الآتية يسهم في عملية الترجمة ؟

آ . **DNA** فقط . ب . **mRNA**فقط .

جـ . **DNA** و**RNA** د . **mRNA** و**tRNA** .

5 . يمكن رسم خريطة كروموسومية من :

آ . جنس الفرد . ب . وجود اليلات ناتجة من طفرة .

جـ . مواقع الجينات على كروموسوم معين . د . كون الجين سائداً ام متنحياً .

6 . ماذا يسمى البلازميد البكتيري بعد ادخال **DNA** من واهب الى **DNA البكتيريا** ؟

آ . **DNA** الناقل . ب . **DNA** المستنسخ .

جـ . **DNA** البلازميدي . د . **DNA** معاد التركيب .